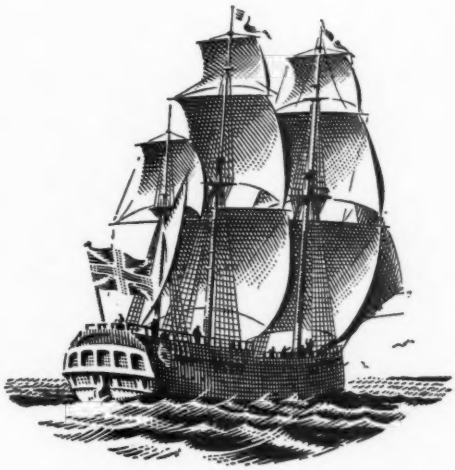
ENDEAVOUR

Revista trimestral destinada a registrar el progreso de las ciencias al servicio de la humanidad



VOLUMEN XV · 1956

INDICE DE AUTORES

ANDRADE, E. N. DA C.: Los retratos de la *Royal Society*. 128.

BAWN, C. E. H.: Nuevas clases de macromoléculas. 137.
BULLARD, Sir Edward: Edmond Halley (1656–1742). 189.

COSSLETT, V. E.: Microscopía electrónica: su alcance y limitaciones. 153.

DODD, C.: La cámara de burbujas. 206.

EDITORIAL
Benjamín Franklin. 3.
Problemas de la vulgarización científica. 59.
La ciencia y sus amateurs. 115.
Organicemos la investigación. 175.

ESSEN, L.: La velocidad de la luz. 87.

FORD, E. B.: Estudio de la evolución orgánica mediante la observación y el experimento. 149.

GARLICK, G. F. J.: Algunos aspectos de la luminiscencia. 144.

HARLEY, J. L.: Las micorrizas de los árboles forestales. 43.
HARRIS, T. M.: La cutícula de la planta fósil. 210.

HUXLEY, H. E.: Contracción muscular. 177.

JAMES, A. T.: La cromatografía gas-líquido. 73.
JOHNSON, A. W. y TODD, Sir Alexander: La vitamina B_{12}. 29.

KEYNES, R. D.: La producción de electricidad por los peces. 215.

LANDÉ, A.: La mecánica quántica y el sentido común. 61.

MASSEY, H. S. W.: Mesones, hiperones y antiprotones. 117.

POWELL, H. M.: Algunas ideas sobre la actividad óptica. 20.
PRINGLE, J. W. S.: El canto del insecto. 68.

ROBINSON, Sir ROBERT: Una familia de grandes químicos orgánicos: los Perkin. 92.
ROGERS, E. W. E.: Ondas de choque en el aire. 34.
ROTHSCHILD, Lord: Espermatozoos del erizo de mar. 79.

TEMPLE, G.: El neumático y su dinámica. 200.
TODD, Sir Alexander: *vid.* JOHNSON, A. W. y TODD, Sir Alexander.

WINTER, H. J. J.: La mecánica y sus aplicaciones entre los musulmanes. 25.

YOUNG, J. Z.: La organización dentro de las células nerviosas. 5.

REVISTA DE LIBROS

BARTLETT, M. S.: An Introduction to Stochastic Processes. 51.
BECKERLEY, J. G. (Compilador): Annual Review of Nuclear Science, Vols. III–IV. 108.
Biochemistry of Nitrogen. A Collection of Papers on the Biochemistry of Nitrogen and Related Subjects. 105.
Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society, Vol. I. 223.
BLÜH, Otto y ELDER, Joseph D.: Principles and Applications of Physics. 167.
BORNEMISZA, S. T.: The Unified System Concept of Nature. 105.
BRACKEN, A.: The Chemistry of Micro-organisms. 104.
BRODA, Engelbert: Ludwig Boltzmann. 222
BROOKS, B. T., BOORD, C. E., KURTZ, S. S., y SCHMERLING, L. (Compiladores): The Chemistry of Petroleum Hydrocarbons, Vols. I, II, III. 169.
BROWN, Roland Wilbur: Composition of Scientific Words. 105.
BUXTON, P. A.: The Natural History of Tsetse Flies. 109.

CAMPBELL, N. (Compilador): Schmidt's Organic Chemistry (7ª edición). 170.
CATTELL, J. (Compilador): American Men of Science (9ª edición), Vol. II. 222.
COLE, William H. (Compilador): Some Physiological Aspects and Consequences of Parasitism. 49.
Cole's Practical Physiological Chemistry (10ª edición). Revisada y modificada por E. Baldwin y D. J. Bell. 223.
COLERUS, Egmont: From Simple Numbers to the Calculus. 52.
COULSON, C. A.: Science and Religion: A Changing Relationship. 50.

DANIELS, Farrington y ALBERTY, Robert A.: Physical Chemistry. 170.
DAUMAS, Maurice: Lavoisier, théoricien et expérimentateur. 52.
DE BROGLIE, Louis: Physics and Microphysics. (Traducción al inglés de M. Davidson.) 106.
DE CALLATAŸ, Vincent: Atlas du Ciel. 222.
DE VAUCOULEURS, Gérard: Physics of the Planet Mars. 103.
DENBIGH, K. G.: The Principles of Chemical Equilibrium. 226.
DHARMAKUMARSINHJI, R. S.: Birds of Saurashtra—India. 110.

EMMETT, Paul H. (Compilador): Catalysis, Vol. II: Fundamental Principles, Parte 2. 108.

Fifth Symposium (International) on Combustion. 224.
FINNEY, D. J.: Experimental Design and its Statistical Basis. 168.
FRIEDLANDER, G. y KENNEDY, W.: Nuclear and Radiochemistry. 167.

GAEDE, Hannah: Wolfgang Gaede. 103.
GARRATT, D. C.: The Quantitative Analysis of Drugs (2ª edición). 170.
GIGNOUX, M. Stratigraphic Geology (4ª edición). (Traducida por G. G. Woodford.) 224.
GRIVET, P., BERNARD, M. Y. y SEPTIER, A.: Optique électronique, Vol. I. Lentilles electroniques. 167.

GUGGENHEIM, E. A.: Boltzmann's Distribution Law. 107.
GUILLAUMIN, A., MOREAU, F. y MOREAU, C.: La Vie des Plantes. 50.

HADORN, E.: Letalfaktoren. 49.
HALLIDAY, David: Introductory Nuclear Physics (2ª edición). 224.
HILL, R. y WHITTINGHAM, C. P.: Photosynthesis. 50.
HORNING, E. C. (Compilador): Organic Syntheses, Collective Vol. III. 108.
HOYLE, Fred: Frontiers of Astronomy. 103.
HUNTER, Donald: The Diseases of Occupations. 169.

KING, H. C.: The History of the Telescope. 166.
KOPAL, Z.: Numerical Analysis. 168.

LAIDLER, K. J.: The Chemical Kinetics of Excited States. 52.
LEES, A. D.: The Physiology of Diapause in Arthropods. 53.
LEES, H.: Biochemistry of Autotrophic Bacteria. 104.
LHOSTE, J.: Les rongeurs domestiques nuisibles. 54.
LUBS, H. A. (Compilador): The Chemistry of Synthetic Dyes and Pigments. 52.

MCDONALD, H. J.: Ionography. 107.
MARSHALL, S. M. y ORR, A. P.: The Biology of a Marine Copepod. 110.
MATTHEWS, G. V. T.: Bird Navigation. 54.
MAYER, M. G. y JENSEN, J. H. D.: Elementary Theory of Nuclear Shell Structure. 107.
MERRILL, E. D.: The Botany of Cook's Voyages, Vol. XIV. Nº 5/6. 50.
MICHAELIS, Anthony R.: Research Films in Biology, Anthropology, Psychology and Medicine. 166.

NEAVERSON, E.: Stratigraphical Palaeontology (2ª edición). 166.
NEILANDS, J. B. y STUMPF, Paul K.: Outlines of Enzyme Chemistry. 104.

OSMAN HILL, W. C.: Primates. Parte 1—Strepsirhini. Parte 2—Haplorhini. 110.

PARKES, A. S. (Compilador): British Medical Bulletin, Vol. XI, Nº 2. 169.
PAULI, W. (Compilador): Niels Bohr, and the Development of Physics. 224.
PAULING, L.: College Chemistry (2ª edición). 52.
PAWSEY, J. W. y BRACEWELL, R. N.: Radio Astronomy. 48.
PEIERLS, R. E.: The Laws of Nature. 168.
PEIERLS, R. E.: Quantum Theory of Solids. 168.
PERUSSIA, A.: Medicina Nucleare. 169.

REINIG, W. F. (Compilador): Kosmos Lexikon der Naturwissenschaften, Vol. II, L—Z. 106.
RHOADS, C. P. (Compilador): Antimetabolites and Cancer. 225.
ROLLER, D. y ROLLER, D. H. D.: The Development of the Concept of Electric Charge. 51.

SARTON, George: The Appreciation of Ancient and Medieval Science during the Renaissance (1450–1600). 106.

SEEL, F.: Grundlagen der analytischen Chemie und der Chemie in wässrigen Systemen. 53.
SHARPE, J.: Nuclear Radiation Detectors. 108.
SIDGWICK, J. B.: Amateur Astronomer's Handbook. 49.
SIDGWICK, J. B.: Observational Astronomy for Amateurs. 49.
SPEAKMAN, J. C.: An Introduction to the Electronic Theory of Valency (3ª edición). 53.
STARCK, D.: Embryologie. 54.
STÖRMER, Carl: The Polar Aurora. 103.
STROUTS, C. R. N., GILFILLAN, J. H. y WILSON, H. N. (Compiladores): Analytical Chemistry—The Working Tools, Vols. I y II. 109.

TAYLOR, F. Sherwood: An Illustrated History of Science. 106.
TERMIER, H. y TERMIER, G.: L'évolution de la lithosphère. I. Pétrogenèse. 225.
The Roger Adams Symposium. (Preparado por C. S. Marvel.) 226.
THIRRING, Walter: Einführung in die Quantenelektrodynamik. 51.
THOMSON, Sir George: The Foreseeable Future. 166.
TOLANSKY, S.: Microstructures of Diamond Surfaces. 166.

WADDINGTON, C. H.: Principles of Embryology. 223.
WAGNER, R. P. y MITCHELL H. K.: Genetics and Metabolism. 223.
WELLER, Carl V.: Causal Factors in Cancer of the Lung. 225.
WESTERFIELD, W. W. (Compilador): Biochemical Preparations, Vol. IV. 223.
WHELAND, G. W.: Resonance in Organic Chemistry. 226.
WIENER, Norbert: The Human Use of Human Beings (edición revisada). 53.
WOLSTENHOLME, G. E. W. y CAMERON, Margaret P. (Compiladores): Experimental Tuberculosis (with an Addendum on Leprosy). 169.

INDICE DE MATERIAS

La clasificación de los artículos por materias va ordenada según el sistema de Clasificación Decimal Universal (Standard británico 1000) (Edición abreviada española, Madrid. 1953). En la página IV aparece una clave alfabética.

06 CORPORACIONES. MUSEOS

061.22:757 Los retratos de la *Royal Society*. ANDRADE, E. N. DA C. 128.

07 EDITORIALES

070.432:5 Problemas de la vulgarización científica. 59.
070.432:5 La ciencia y sus amateurs. 115.
070.432:5.001.6 Organicemos la investigación. 175.
070.432:92:53 Benjamín Franklin. 3.

5 CIENCIAS NATURALES

5:070.432 Problemas de la vulgarización científica (Editorial). 59.
5:070.432 La ciencia y sus amateurs (Editorial). 115.
5.001.6:070.432 Organicemos la investigación (Editorial). 175.
51/53:550.38:92 Edmond Halley (1656–1742). BULLARD, Sir Edward. 189.

53 FISICA

53:92:070.432 Benjamín Franklin (Editorial). 3.
530.145 La mecánica quántica y el sentido común. LANDÉ, A. 61.
531=927(091) La mecánica y sus aplicaciones entre los musulmanes. WINTER, H. J. J. 25.
531.391 :629.1.012 El neumático y su dinámica. TEMPLE, G. 200.
533.6.011.5 :534.2-8 Ondas de choque en el aire. ROGERS, E. W. E. 34.
534.2-8 :533.6.011.5 *Idem.*
535.22.08 La velocidad de la luz. ESSEN, L. 87.
535.37:591.148 Algunos aspectos de la luminiscencia. GARLICK, G. F. J. 144.
535.566 :541.653 Algunas ideas sobre la actividad óptica. POWELL, H. M. 20.
537.12/.13 :539.185 Mesones, hiperones y antiprotones. MASSEY, H. S. W. 117.
537.52:597.3/.5 :591.175.1 La producción de electricidad por los peces. KEYNES, R. D. 215.
539.16.08 La cámara de burbujas. DODD, C. 206.
539.185 :537.12/.13 Mesones, hiperones y antiprotones. MASSEY, H. S. W. 117.
539.2:548 :621.385.833 :57/59 Microscopía electrónica: su alcance y limitaciones. COSSLETT, V. E. 153.

54 QUIMICA

54:92 Una familia de grandes químicos orgánicos: los Perkin. ROBINSON, Sir Robert. 92.
541.64 Nuevas clases de macromoléculas. BAWN, C. E. H. 137.
541.653 :535.566 Algunas ideas sobre la actividad óptica. POWELL, H. M. 20.
542.48:545.844 La cromatografía gas-líquido. JAMES, A. T. 73.
545.844:542.48 *Idem.*
547.962.4 :591.175 :577.12 Contracción muscular. HUXLEY, H. E. 177.
548:57/59:539.2 :621.385.833 Microscopía electrónica: su alcance y limitaciones. COSSLETT, V. E. 153.

55 GEOLOGIA. GEOFISICA

550.38:92 :51/53 Edmond Halley (1656–1742). BULLARD, Sir Edward. 189.

56 PALEONTOLOGIA

561:581.821.1 La cutícula de la planta fósil. HARRIS, T. M. 210.

57 CIENCIAS BIOLOGICAS

57/59:539.2:548 :621.385.833 Microscopía electrónica: su alcance y limitaciones. COSSLETT, V. E. 153.
575.1:578.084 Estudio de la evolución orgánica mediante la observación y el experimento. FORD, E. B. 149.
576.31:591.88 La organización dentro de las células nerviosas. YOUNG, J. Z. 5.
577.12 :547.962.4 :591.175 Contracción muscular. HUXLEY, H. E. 177.
577.164.16 La vitamina B_{12}. JOHNSON, A. W. y TODD, Sir Alexander. 29.
578.084:575.1 Estudio de la evolución orgánica mediante la observación y el experimento. FORD, E. B. 149.

58 BOTANICA

581.557.24 :634.9 Las micorrizas de los árboles forestales. HARLEY, J. L. 43.
581.821.1:561 La cutícula de la planta fósil. HARRIS, T. M. 210.

59 ZOOLOGIA

591.148:535.37 Algunos aspectos de la luminiscencia. GARLICK, G. F. J. 144.
591.175:577.12 :547.962.4 Contracción muscular. HUXLEY, H. E. 177.
591.175.1 :537.52 :597.3/.5 La producción de electricidad por los peces. KEYNES, R. D. 215.
591.313:593.95 Espermatozoos del erizo de mar. ROTHSCHILD, Lord. 79.
591.58:595.7 El canto del insecto. PRINGLE, J. W. S. 68.
591.88:576.31 La organización dentro de las células nerviosas. YOUNG, J. Z. 5.
593.95:591.313 Espermatozoos del erizo de mar. ROTHSCHILD, Lord. 79.
595.7:591.58 El canto del insecto. PRINGLE, J. W. S. 68.
597.3/.5 :591.175.1 :537.52 La producción de electricidad por los peces. KEYNES, R. D. 215.

62 INGENIERIA

621.385.833 :57/59:539.2 :548 Microscopía electrónica: su alcance y limitaciones. COSSLETT, V. E. 153.
629.1.012 :531.391 El neumático y su dinámica. TEMPLE, G. 200.

63 AGRICULTURA. SELVICULTURA

634.9 :581.557.24 Las micorrizas de los árboles forestales. HARLEY, J. L. 43.

75 PINTURA

757:061.22 Los retratos de la *Royal Society*. ANDRADE, E. N. DA C. 128.

92 BIOGRAFIAS

92:51/53:550.38 Edmond Halley (1656–1742). BULLARD, Sir Edward. 189.
92:53:070.432 Benjamín Franklin (Editorial). 3.
92:54 Una familia de grandes químicos orgánicos: los Perkin. ROBINSON, Sir Robert. 92.

CLAVE ALFABETICA

Actina 547.962.4
Actividad óptica 541.65
Adaptación evolutiva 575.3/.6
Aerodinámica 533.6
Agricultura 63
Análisis químico 544/545
Antiprotones 537.12
Arboles forestales 634.9
Astronomía 52
Aviones 629.1

Biografía 92
Biología 57
Bioluminiscencia 591.148
Bioquímica 577.1
Bosones 537.12/.13
Botánica 58

Cámara de burbujas 539.16.08
Canto del insecto 595.7:591.58
Células nerviosas
  Organización 591.88
Cianocobalamina 577.164.16
Ciencia
  Vulgarización 5
Citología 576.3
Cometas 52
Comunicación
  Células nerviosas 576.31
Contracción muscular 591.175
Corrientes supersónicas 533.6.011.5
Cristalografía
  Microscopía electrónica 548
Cromatografía
  Gas-líquido 545.844
Cutícula
  Plantas fósiles 581.821.1

Descarga eléctrica 537.52
Destilación 542.48
Detección de partículas 539.16.08
Dinámica 531.3

Electrones 537.12
Electrónica 621.38
Embriología 591.3
Entomología 595.7
Erizo de mar 593.95
Espermatozoos
  Erizo de mar 591.313:593.95
Estado sólido
  Física 539.2
Estereoquímica 541.6
Estructura celular
  Microscopía electrónica 57/59
Estructura química
  Propiedades ópticas 541.65
Evolución 575.1/.6

Fermiones 537.12/.13
Fertilización 591.313
Física 53
Física nuclear 539.1
Fisiología
  Músculo 591.175
Fluorescencia 535.37
Fosforescencia 535.37
Fotones 539.18
Fraccionamiento 542.48
Franklin, Benjamín 92:53
Frenado
  Neumáticos 531.3

Genética 575.1
Gránulos sinápticos 576.31

Halley, Edmond 92
Hiperones 537.12/.13
Histología
  Plantas 581.82

Ingeniería 62
Insectos 595.7
Islam
  Mecánica 531=927(091)

Lipocondrios 576.31
Luminiscencia 535.37
Luz
  Velocidad 535.22
Macromoléculas 541.64
Magnetismo terrestre 550.38
Matrices
  Mecánica quántica 530.145
Mecánica 531
Mecánica quántica 530.145
Mesones 537.12/.13
Micorrizas 581.557.24
Microscopios electrónicos 621.385.833
Miosina 547.962.4
Mitocondrios 576.31
Músculo 591.175
Mutación 575.24

Neumáticos 629.1.012
Neuronas 591.88
Neutrones 539.185
Número de Mach 534.2-8

Observación
  Biología 578.084
Ondas de choque 534.2-8
Optica 535
Organo eléctrico
  Peces 591.175.1
Organos estridulantes
  Insectos 591.58:595.7
Oscilaciones mecánicas 531.3

Paleobotánica 561
Peces 597
Perkin
  Familia 54:92
Pintura 75
Plantas fósiles 561
Polarización rotacional 535.56
Polimerización 541.64
Positrones 537.132
Proteínas
  Músculo 547.962

Química 54

Retratos
  Royal Society 757
Rotación
  Plano de polarización 535.56
Royal Society 061.22

Selvicultura 634.9
Simbiosis 581.557

Túnel aerodinámico 533.6

Ultramicroscopía 539.2

Velocidad de la luz
  Determinación 535.22.08
Virus
  Microscopía electrónica 57
Vitaminas 577.168

Zoología 59

Impreso en la Gran Bretaña en THE KYNOCH PRESS, *Witton, Birmingham, 6, para los editores,* IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES LIMITED, *Londres, S.W.1*

ENDEAVOUR

Revista trimestral destinada a registrar el progreso de las ciencias al servicio de la humanidad

---

VOLUMEN XV Enero 1956 NUMERO 57

SUMARIO

53:92
Editorial: Benjamín Franklín 3

591.88:576.31
La organización dentro de las células nerviosas — J. Z. YOUNG — 5

535.566:541.653
Algunas ideas sobre la actividad óptica — H. M. POWELL — 20

531=927(091)
La mecánica y sus aplicaciones entre los musulmanes — H. J. J. WINTER — 25

577.16B12
La vitamina B_{12} — A. W. JOHNSON y SIR ALEXANDER TODD — 29

534.2–8:533.6.011.5
Ondas de choque en el aire — E. W. E. ROGERS — 34

581.557.24:634.9
Las micorrizas de los árboles forestales — J. L. HARLEY — 43

049.3
Revista de libros 48

Libros recibidos 55

Notas sobre los colaboradores 56

Redactor-jefe: TREVOR I. WILLIAMS
Ediciones extranjeras: J. A. WILCKEN

Imperial Chemical Industries Limited, Millbank, Londres, S.W.1
Toda comunicación a los editores debe dirigirse a North Block, Thames House, Millbank, Londres, S.W.1

Benjamín Franklin

Benjamín Franklin, cuyo 250 aniversario de su nacimiento se celebra en enero de 1956, era un pensador tan certero y capacitado cuando investigaba el comportamiento de los concordantes fenómenos de la naturaleza inanimada como cuando estudiaba la discordante humanidad. En todas sus empresas reveló la suprema facultad de discernir lo esencial de lo accesorio. Junto a esta cualidad tenía la de la claridad mental necesaria para determinar, primeramente, qué actos eran necesarios y, después, a qué medio habría de recurrirse para realizar aquéllos. Su perspicacia y astucia son evidentes en su conducta como hombre de negocios y le ayudan no poco a ser un excelente escritor. Tales facultades iban acompañadas de otras virtudes y características que hacen de él una atrayente figura.

Franklin es conocido, sobre todo, por haber sido el primero en establecer la naturaleza eléctrica del rayo e idear el primer pararrayos eficaz: ése es uno — aunque no el único — de sus grandes servicios a la ciencia. Ya desde mucho antes se había conjeturado la existencia de cierta identidad entre la centella y las descargas eléctricas producidas en las máquinas de fricción de la época, pero Franklin fué el primero en investigar sistemáticamente tal afinidad y establecer doce razones por las cuales el «flúido eléctrico» se asemejaba al rayo. También llevó a cabo una serie de experimentos sobre el efecto que producían las puntas aguzadas conectadas a tierra sobre las descargas de los cuerpos electrificados próximos a aquéllas, lo cual le llevó a propugnar la forma de pararrayos que lleva su nombre. «Esos puntiagudos rejones», pregunta, «¿ no podrían acaso atraer silenciosamente el fuego eléctrico de la nube antes de que ésta se aproximase para azotarnos, protegiéndonos así contra su repentino y terrible castigo?» Y, al mismo tiempo, sugería un experimento en el cual una persona montada sobre un bloque aislante colocado en un alto edificio atrajese, por medio de una barra puntiaguda, las chispas de un nubarrón de tormenta. La experiencia se llevó a cabo felizmente en Francia.

El experimento con la cometa, que tan vivamente hirió la imaginación popular quedando para siempre unido a su nombre, fué realizado más adelante en Filadelfia. La cometa estaba sujeta por un cordel que, mojado por la lluvia, se convertía en un conductor eléctrico — por fortuna no muy bueno — aislado de la mano por una cinta de seda. Atada a la cuerda había una llave, de la que saltaban chispas al acercar Franklin sus nudillos. Este experimento no siempre aparece descrito correctamente, y era sólo, según resultó después, una confirmación de fenómenos establecidos mediante razonamientos de Franklin y debido a su iniciativa.

Los cuidadosos estudios de Franklin en el campo de la electricidad estática, tema en el que es muy difícil conseguir experimentos concluyentes, debido al comportamiento en apariencia caprichoso de los cuerpos sometidos al frotamiento, le llevaron a enunciar con toda claridad que el efecto de la fricción era separar dos clases de carga que se neutralizaban mutuamente si se las ponía en contacto. Para explicar tal fenómeno, Franklin avanzó su teoría del flúido único, según la cual uno de los cuerpos electrificados posee un exceso de flúido y el otro un defecto equivalente, noción que le llevó a introducir los términos «positivo» y «negativo», hoy aún en uso. En principio, no existe gran diferencia entre la teoría del flúido único y la del doble flúido: la riqueza negativa puede muy bien llamarse «deuda», que es algo de la misma especie. Pero la interpretación de Franklin introdujo gran claridad en estas cuestiones. Por ello ha merecido el título de fundador de la ciencia de la electricidad.

En este aspecto, pocas veces se tienen en cuenta sus trabajos sobre los condensadores. Cuando Franklin contaba unos 40 años, la invención de la botella de Leyde causó gran sensación, sobre todo por los fuertes calambres que producía en el experimentador. Franklin demostró la naturaleza idéntica, pero de signo contrario, de las cargas de ambas capas, o, según sus propias palabras, el hecho de que «la botella de Leyde no contiene más fuego eléctrico cuando está electrizada que antes de serlo», probando además que la energía de la botella estaba contenida en el cristal. Durante estas investigaciones construyó el condensador plano — mucho más útil — que consistía de una lámina de vidrio que separa dos finas hojas de plomo. Con estos condensadores planos construyó lo que él llamó una «batería eléctrica», y que a veces se ha denominado una «cascada eléctrica».

También debemos hacer referencia a sus importantes investigaciones sobre el calor. Franklin, hombre práctico, como su compatriota Rumford, mejoró notablemente la estufa doméstica, cuyo sistema anterior criticó diciendo que «. . . muchas de las enfermedades que tienen su orígen en un

resfriado . . . se deben a chimeneas de gran tiro que, en las épocas de mucho frío, nos tuestan por delante y nos hielan por detrás». Fué el inventor de los anteojos bifocales e ideó gran número de artilugios domésticos. Como es natural, se sentía muy orgulloso de la utilidad del pararrayos, lo que seguramente le hizo escribir uno de sus pasajes epigramáticos: «No es de gran importancia que conozcamos la manera en que la naturaleza ejecuta las leyes: nos es suficiente con conocer esas leyes. Así, nos es útil saber que si dejamos un plato en el aire sin nada que lo soporte, se caerá y se romperá: el por qué se cae y se rompe son materias de pura especulación que, por mucho que nos complazca haber resuelto, no nos son necesarias para poder conservar intacta la vajilla.» Sus investigaciones fundamentales sobre el comportamiento de las cargas eléctricas prueban que la pura especulación era para él un verdadero placer.

El estudio científico, al que tanta ilusión sentía por dedicarse una vez que hubo vendido su imprenta por una suma considerable, ocupó sin embargo parte no muy importante en su vida. Antes de alcanzar su gran renombre científico consiguió cierta fama gracias al *Poor Richard's Almanack*, por él editado, en el que acostumbraba a introducir escuetos aforismos, muchos de los cuales pertenecen hoy al acervo proverbial de la lengua inglesa. La popularidad de Franklin, su inteligencia, su vigor, su sentido común tan poco común le llevaron a representar un papel importante en la política de lo que a la sazón eran las colonias inglesas en América. En 1757, Franklin fué designado representante del partido de los desconformes con tal estado de cosas y, para abogar por dicha causa, marchó a Inglaterra donde pasó entonces cinco años y adonde fué de nuevo enviado con una misión semejante en 1764, terminada sin alcanzar resultados satisfactorios, en 1775. No nos corresponde aquí evaluar sus actividades políticas, pero debemos decir que, a juicio de los más, se mostró siempre digno, ponderado, incisivo aunque cortés, sabio consejero y hábil negociador. Sus esfuerzos, nacidos tanto de sus propios afectos como del dictado de su inteligencia, se encaminaron hacia el mantenimiento de la unión entre Inglaterra y las colonias americanas, como miembros *senior* y *junior* de una asociación basada en el mutuo respeto de los derechos e intereses de ambos. Si fracasó no fué por culpa suya; ni es probable que otros negociadores hubieran podido triunfar donde fracasaron Franklin y Chatham. Después, Franklin pasa a Francia donde de nuevo se nos manifiesta como hombre de estudios y de mundo bien recibido en todas las clases sociales.

Nos es agradable constatar que las relaciones de Franklin con todo lo mejor de la Inglaterra de entonces fueron siempre muy cordiales. Jóven y aún desconocido visitó Londres y supo apreciar cordialmente las costumbres inglesas. Sus investigaciones en electricidad fueron publicadas por vez primera en Inglaterra por intermedio de un amigo suyo inglés. Por ellas recibió la Medalla «Copley» de la *Royal Society* antes de su segunda visita. Durante ésta, como delegado oficial de las Colonias y ya famoso por sus estudios, pronto entabló relaciones de amistad con las figuras más destacadas del mundo de la ciencia, de la sociedad y de la política. En 1756 fué elegido miembro de la *Royal Society*, a cuyo Consejo perteneció repetidas veces. También fueron igualmente cordiales e íntimas sus relaciones con la *Royal Society of Arts*, entonces recién fundada. Su método de defensa contra los rayos fué adoptado generalmente en los edificios públicos y defendido por los más distinguidos hombres de ciencia cuando, una vez iniciada la guerra en las colonias, fué atacado por un inventor rival. Aunque Franklin figura entre los signatarios de la Declaración de Independencia, su buena voluntad hacia la metrópolis no decayó a lo largo de todo el período de hostilidades, debiéndose a él, por ejemplo, la orden de que el Capitán Cook no fuera molestado por los cruceros americanos durante sus viajes de exploración. Terminada la guerra, con cuyo resultado expresó profunda satisfacción, Franklin recibió, con la aprobación de George III, un ejemplar de los *Viajes* de Cook, junto con una carta muy cordial y conciliatoria de Sir Joseph Banks, Presidente de la *Royal Society*, adjuntándole, como regalo, una medalla de oro acuñada en honor de Cook.

Franklin fué pues un hombre de genio universal y clarividente que consiguió notables resultados tanto en la ciencia pura como en la aplicada y que en sus actividades en la esfera de los negocios, de la diplomacia y de la política mostró sobresaliente probidad, valor e inteligencia. Escritor admirable y respetado consejero en cuestiones domésticas y nacionales, Franklin prestó siempre cordial y positivo apoyo a toda labor de cooperación y comprensión internacionales. Hombres así valen más que muchas conferencias.

La organización dentro de las células nerviosas

J. Z. YOUNG

En el citoplasma de todas las células aparecen varios tipos de partículas — agregados moleculares complejos envueltos por membranas — cuyas funciones distan mucho de ser claras. En este artículo se sugiere que dichas partículas sirven como señales mediante las cuales el núcleo controla las operaciones de la célula. Esta hipótesis queda ilustrada por especial referencia a las células nerviosas, que, por su tamaño, se prestan muy bien para el estudio de este sistema de comunicación intracelular.

Poco se ha progresado en la descripción de la organización supramolecular dentro de las células, aun cuando los bioquímicos posteriores a Gowland Hopkins se han dado cuenta cabal de la necesidad de semejante estudio [29]. Pero ni los objetivos y principios pertinentes para una investigación de la organización celular no son claros todavía, ni tampoco el tipo de elementos de que debe ocuparse. Se ha indicado a menudo que la organización puede depender de un citoesqueleto, posiblemente de proteína, pero mientras cabe que ello sea así para algunas células, un enfoque más provechoso es considerar que la organización no es estática, y que existe un intercambio y comunicación constantes entre las partes de la célula. El enfoque del problema de la organización intracelular que acabamos de sugerir toma en cuenta tres consideraciones: 1°, que el metabolismo de la célula procede de una manera tal que la vida se mantiene en un estado estable a pesar de los cambios externos; 2°, que dicha circunstancia implica una comunicación recíproca entre la superficie de la célula y algún sistema central interno, probablemente el núcleo; y 3°, que gran parte del material celular está dividido en partículas. Las propiedades características de los organismos son resultado del hecho de que éstos contienen ciertas agrupaciones particulares de moléculas, adquiridas como consecuencia de su pasado. No se dispone todavía de métodos para comprobar las relaciones entre los procesos que cambian rápidamente en diversas partes de las células, y la larga serie de acontecimientos pasados. Sin embargo, no es demasiado pronto para empezar a discurrir sobre este problema. La citología no puede contentarse con continuar indefinidamente la búsqueda de nuevas partes visibles de la célula; ni tampoco puede satisfacerse identificando dichas partes por medio de métodos histoquímicos. Es indispensable descubrir métodos para describir la organización de los acontecimientos celulares y sujetarla a comparación bajo distintas condiciones y en varios tipos de célula.

Las sustancias entran y salen continuamente de la célula, y dilucidar el probable curso metabólico de cada tipo de molécula es un medio de descubrir la naturaleza del sistema en su conjunto. La vida continúa porque ciertos grupos de sustancias han sido seleccionados y reunidos en el transcurso de la historia del sistema. Esos grupos han proporcionado las reacciones adecuadas para mantener un estado estable en las condiciones que concurrieron en el pasado. La agrupación de esas sustancias es el resultado de un proceso de tanteo entre un número enorme de combinaciones posibles, habiendo sido desechadas las que eran inestables. El proceso es satisfactorio porque proporciona sistemas estables en condiciones diversas y variables debido a la capacidad del carbono para formar un gran número de compuestos que varían ligeramente entre sí y de los que pueden seleccionarse las combinaciones convenientes.

LA CELULA COMO SISTEMA DE COMUNICACION

No es exagerado comparar una célula o un organismo y su ambiente con un «canal» de comunicación. El valor de la comparación se deriva del hecho de que ambas situaciones tratan de las limitaciones que sobre el comportamiento futuro han impuesto las series de combinaciones seleccionadas en el pasado. La teoría de la comunicación se ocupa de la manera en que la «información» influye sobre las «decisiones». La información es transmitida eligiendo de una clave pre-establecida la combinación de símbolos

apropiada a una situación ambiental determinada. Después de su adecuada transmisión, esta información gobierna el comportamiento del receptor de tal modo que éste se ajusta debidamente a la situación. Si la información se transmite desde un punto periférico a algún centro de control, la respuesta del último puede consistir en la transmisión de instrucciones a la periferia, de acuerdo con los principios operacionales incorporados en el centro de gobierno.

El concepto de «receptores» en la superficie de la célula es bastante familiar a bioquímicos y farmacólogos. Los acontecimientos que suceden en el inmediato contorno de un organismo o célula actúan como selectores entre un grupo limitado de operaciones químicas que son posibles cerca de la superficie. Esto es comparable a la selección de ciertas palabras de un idioma para formar un mensaje. Las posibles reacciones de la célula se han seleccionado previamente, como las palabras, para adaptarse a ciertos sucesos externos probables. Los cambios cerca de la superficie de la célula influyen sobre las reacciones más hacia el interior; éstas siguen reglas que ignoramos casi por completo, pero que probablemente también dependen de las disposiciones previamente elegidas. Así podemos considerar que la «información» se transmite hacia el interior y finalmente llega hasta el núcleo, que contiene el centro fundamental de control y es el componente más constante en la célula.

La cantidad media de polinucleótidos de desoxirribosa (DNA) en los núcleos de todos los tejidos somáticos de una cierta especie es idéntica (Tabla I). La cantidad en los núcleos espermáticos es la mitad de la de los núcleos somáticos. En un tejido como el del hígado de rata, en el que el contenido es elevado, algunas células contienen más de un complemento cromosómico.

TABLA I

Contenido medio de DNA por célula ($10^{-12}g$)

	Rata	*Gallina*	*Buey*	*Rana*	*Sapo*	*Carpa*
Hígado	9,4	2,6	6,4	15,7	—	3,3
Riñón	6,7	2,3	—	—	—	—
Bazo	6,5	2,6	—	—	—	—
Pulmón	6,7	—	—	—	—	—
Leucocitos ..	6,6	—	—	—	—	—
Eritrocitos ..	—	2,6	—	15,0	7,3	3,5
Corazón ..	6,5	2,5	—	—	—	—
Páncreas ..	7,3	2,7	—	—	—	—
Cerebro	—	2,3	—	—	—	—
Músculo ..	—	2,5	—	—	—	—
Esperma ..	—	1,3	2,8	—	3,7	1,6

La relativa constancia de este componente en la célula es del mayor interés puesto que muchos datos nos aseguran que el núcleo proporciona el sistema central de control, garantizador de la constancia de cada tipo de organismo viviente. El comportamiento nuclear durante la división de la célula revela la existencia de complicados mecanismos mediante los cuales se preserva la constancia en la copia, disponiendo el material en unidades distintas, los genes, alineados regularmente sobre cromosomas discretos. Durante la formación de las células germinales existe un orden meticuloso para dividir en dos este material y asegurar que la generación siguiente empiece con la cantidad-tipo de material nuclear, con una copia de cada una de sus partes, derivada de cada progenitor. La contribución masculina consiste en poca cosa más, aparte de estas nucleoproteínas. Así, el núcleo proporciona las instrucciones que finalmente controlarán el metabolismo de cada célula.

La operación del sistema de control debe consistir esencialmente en enviar al interior de la célula las comunicaciones que constituyen las instrucciones. Según estas instrucciones, las «decisiones» se hacen entre un curso de metabolismo y otro. Del ambiente, mientras tanto, se transmite de continuo información hacia el interior a través del citoplasma, influyendo probablemente al fin sobre las instrucciones que envía hacia fuera el sistema de control del núcleo. A excepción de casos raros (mutaciones), esta información no altera las propiedades básicas del sistema mismo de control, el cual continúa como el determinante del característico comportamiento de cada célula de la especie.

EL SIGNIFICADO DE LAS PARTICULAS EN LA CELULA

Es fácil, pues, ver que es posible hacer una comparación general entre una célula y un sistema de comunicación recíproca. Si esto fuese simplemente uno de tantos modos de hablar tendría poco valor, pero hay indicaciones de que puede precisarse más y proporcionar así un método para describir la organización — tan difícil — de la célula. Uno de los fenómenos más sorprendentes en citología es que gran parte del material celular está agregado en partículas de varios tipos, que se encuentran, con variaciones de detalle, en todas las células animales y vegetales. Los cromosomas con sus subdivisiones en cromómeros y bandas, son el ejemplo más corriente. En el citoplasma

hay cuerpos de varias clases: mitocondrios, lipocondrios (sustancias de Golgi), retículo endoplásmico y microsomas, todos los cuales se describirán luego [33].

Tal vez el hecho de que estos agregados complejos estén dispuestos como cuerpos discretos es una de las cosas más significativas respecto de los mismos como componentes de sistemas de vida que mantienen estados estables. Los investigadores de los fenómenos de la comunicación saben bien que si un mensaje debe ser transmitido a lo largo de un «canal» y permanecer estable al mismo tiempo, debe estar registrado en forma de unidades discontinuas [24, 34]. La solución adoptada para la comunicación es codificar el mensaje en símbolos discretos cada uno de los cuales es transmitido y copiado por completo, o no se transmite ni copia en absoluto.

Quizás pueda percibirse aquí la importancia del hecho de que las células contienen agregados granulares discretos. Cada una de dichas partículas de la célula puede compararse con un signo. Tiene un valor definitivo como portadora de lo que podríamos llamar significado convencional, en el sentido que se ha formado en el pasado, mediante selección de materiales adecuados para producir un efecto determinado en condiciones apropiadas. Cada grano o partícula, como una palabra, se forma hasta quedar completa y entonces actúa como una unidad capaz de provocar una cierta respuesta metabólica según las condiciones que encuentre. La célula, estando compuesta de semejantes unidades, es capaz de transmitir una configuración estable de comportamiento.

VENTAJAS DE LA MICROSCOPIA EN EL ESTUDIO DE LA ORGANIZACION DE LA CELULA

Si este enfoque es de alguna monta, vale la pena que los citólogos estudien estos componentes discretos de las células, su modo de formarse, su frecuencia y su distribución. Por desgracia, no disponemos aún de datos cuantitativos adecuados y habrá que buscarlos teniendo en cuenta estos objetivos específicos. Los microscopios ópticos y electrónicos son, afortunadamente, instrumentos muy a propósito para este objeto, si bien adolecen de graves limitaciones. Con ellos es difícil identificar la composición química de las partículas, por más que la histoquímica haya avanzado grandemente en este respecto. La gran ventaja de los microscopios está en que proporcionan un alto grado de resolución espacial. Las partículas celulares varían desde muy pocos a varios ångströms de diámetro, y sus relaciones y distribución en la célula con dificultad pueden estudiarse con métodos de aislamiento.

La gran cantidad de agua en los tejidos vivientes hace difícil la microscopía, toda vez que es preciso eliminarla para obtener una resolución elevada. Sin embargo, si los procedimientos de preparación se han aplicado correctamente, dicha limitación no significa una dificultad extraordinaria de principio. Tal vez el más grave inconveniente de trabajo a elevada resolución óptica es que la célula puede estudiarse sólo en un instante. Esta mala resolución temporal puede evitarse únicamente mediante difíciles experimentos en los que se fija una serie de muestras.

LAS NEURONAS, MATERIAL DE ESTUDIO DE LA TRANSMISION INTRACELULAR

En muchos sentidos, las neuronas son adecuadas para estudiar la organización y comunicación en el interior de las células. Son grandes en tamaño y diferenciadas internamente en partes distintas (Fig. 2). Es fácil demostrar que todas las partes de una neurona están bajo el control del núcleo, localizado en el cuerpo de la célula nerviosa. Cualquier parte que se corte y separe del cuerpo de la célula nerviosa empieza a las pocas horas a mostrar cambios degenerativos. Durante la vida existe, pues, algún factor que, transmitido a todas las partes distantes de la célula previene su degeneración. Hay también una transmisión en sentido inverso, puesto que, después de cortada una fibra nerviosa, tienen lugar ciertos cambios dentro del cuerpo de la célula, que se traducen en un proceso activo de síntesis proteínica que permite la regeneración de la fibra nerviosa (pág. 8). En efecto, el sistema sintético interno de la célula cambia sus operaciones para adaptarse a la nueva actividad funcional y a las primeras materias proporcionadas. Una prueba más de la existencia de comunicación entre las diferentes partes de una neurona es que cuando una fibra nerviosa joven establece contacto con un músculo, toda la fibra experimenta un estímulo de crecimiento [1]. El problema está, pues, en identificar el sistema de transmisión que ha intervenido y descubrir si actúa por medio de unidades o señales discretas.

EL NUCLEO

El núcleo contiene varias partículas altamente específicas: los genes; pero, en las neuronas adultas, ni el microscopio óptico ni el electrónico han podido descubrir señales visibles de las mismas.

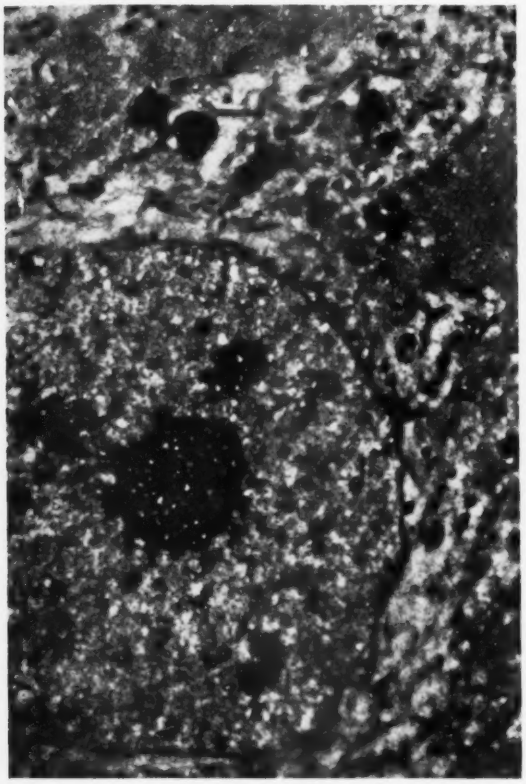
Los ácidos nucleicos en el núcleo le dan la propiedad característica de colorearse con tintes básicos (Figs. 3–6, 27 y 29). La coloración no es uniforme, encontrándose varios tipos de cuerpos relativamente grandes. Las neuronas de moluscos cefalópodos como el calamar, la sepia o el pulpo, tienen de ordinario un nucléolo fuertemente basófilo y uno o más cuerpos menos basófilos: los plasmosomas. Hay también gránulos basófilos más pequeños, y una savia nuclear que no se resuelve con el microscopio óptico. El nucléolo es un constituyente de casi todos los núcleos. Los métodos específicos de coloración y el hecho de absorber la luz ultravioleta a 2750Å, demuestran que contiene una gran cantidad de ribosapolinucleótidos (RNA). Los nucléolos se agrandan en cualquier célula que experimenta síntesis proteínica rápida: por ejemplo, en las células nerviosas que están regenerándose después de la ablación de sus fibras nerviosas. Se ha supuesto que el nucléolo es punto de recolección de RNA durante su síntesis, partiendo de DNA o bajo su control [7, 12].

En la liebre de mar (*Aplysia*), el nucléolo contiene uno o más cuerpos con un índice de refracción muy distinto del resto. Esos cuerpos pueden observarse tanto en las células vivas como en las fijadas (Figs. 7–10 y 12), pero su naturaleza es desconocida. Los detalles de la organización del nucléolo también permanecen oscuros. En las micrografías electrónicas parecen contener numerosas áreas esféricas de menor densidad (Fig. 1), pero pueden ser artefactos; se ha indicado que el nucléolo contiene masas de filamentos, con gránulos adheridos algunas veces [5].

Aun cuando los cromosomas no son visibles en la mayoría de los núcleos adultos, la «savia nuclear» no es ciertamente un material homogéneo. En las neuronas de los mamíferos encontramos unos cuerpos opaco-electrónicos de varios tamaños. Algunos son finamente granulados y pueden presentar señales de distribución regular de los gránulos. Además, la savia nuclear contiene varias esferas opaco-electrónicas de 200 mμ de diámetro, precursores posibles de los lipocondrios (pág. 10). Debe también mencionarse el satélite nucleolar — un cuerpo basófilo que contiene DNA — que es mayor en las neuronas de los mamíferos hembra que en las del macho y, por tanto, representa probablemente la cromatina del sexo derivada de los cromosomas X [25].

El linde entre el núcleo y el citoplasma queda marcado por una membrana de 40 mμ de espesor, donde debe hallarse asentado el importante proceso que regula el paso de las sustancias hacia dentro y hacia fuera. Esto se ve en una célula viviente de la Fig. 13, y en las micrografías electrónicas de las Figs. 1 y 2. Los detalles de su composición no se conocen todavía. Contiene dos capas densas separadas por otra más delgada de unas 20 mμ de espesor. La membrana no es densa por igual en todos sus puntos, pudiendo las dos capas aparecer unidas a intervalos por lo que, al parecer, son orificios o conductos de permeabilidad diferente (Fig. 2) [27, 18]. No hay duda de que pasan a través de la membrana partículas bastante grandes, pero tenemos pocas pruebas de si van hacia dentro además de ir hacia fuera, o qué controla su formación. Los principales componentes citoplásmicos, que describiremos más adelante, — mitocondrios, ergastoplasma y lipocondrios — pueden aparecer cerca de la superficie exterior de la membrana (Fig. 1), y sería interesante en extremo saber si se forman allí o pasan a través de la membrana.

Hasta el presente, nuestros conocimientos acerca de la estructura nuclear visible nos proporcionan sugerencias pero pocos hechos comprobados respecto al modo en que recibe información desde el citoplasma y le retransmite las instrucciones. El indicio más definido es que la producción de ribonucleótidos experimenta un aumento en el nucléolo siempre que se estimula la síntesis proteínica en una célula. Se supone que la RNA pasa hacia fuera a través de la membrana nuclear para formar la base del proceso sintético en el citoplasma. Lo que nos importa saber es si esta transmisión tiene lugar en forma de chorro continuo o de partículas discretas. Durante la fase de regeneración de una célula nerviosa, después de su separación de la axona, aparecen probablemente nuevos RNA en la superficie nuclear (*Vid.* Fig. 6). La membrana nuclear presenta entonces pliegues y espesamiento [18], y pueden verse realmente vesículas dentro de estos pliegues, donde tal vez se formaron. Se han observado masas de gránulos opaco-electrónicos a ambos lados de la membrana nuclear, pareciendo indicar que la transferencia tiene lugar en forma de paquetes discretos o gránulos. Varían las opiniones en cuanto a la naturaleza de estos cuerpos formados en la superficie nuclear; puede ser ergastoplasma [14] o mitocondrios [18, 9]. Se ha sugerido también que los lipocondrios pueden formarse en la superficie nuclear (*Vid. infra*). Así, hay indicaciones de que la comunicación entre el núcleo y el citoplasma toma la forma de señales constituídas por agregados organizados.



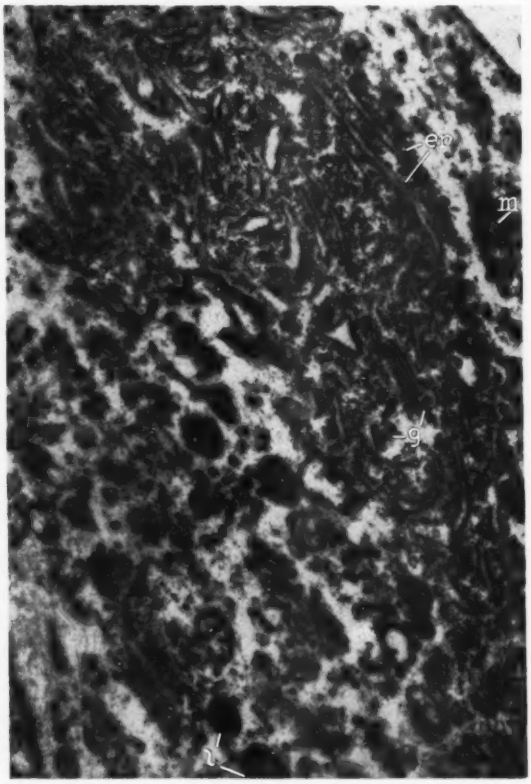


FIGURA 1 – A (*Izquierda*). *Micrografía electrónica del núcleo y regiones circundantes de una célula nerviosa de la médula espinal de un conejo. Fijación con tetraóxido de osmio; fotografiada sin quitar la envoltura plástica. Nucléolo grande con masas de cromatina (DNA?) cerca del mismo. La savia nuclear contiene gránulos, incluso esferas opacas grandes (precursores de los lipocondrios?). Fuera de la membrana nuclear hay lipocondrios, mitocondrios y sustancia de Nissl; la última no muestra su organización interna* (× 10 000).—B (*Derecha*). [27] *Citoplasma de neurona de gato, vesículas de retículo endoplásmico, er, con gránulos (microsomas) adheridos, g. Los mitocondrios muestran su división interna en tabiques; l, lipocondrios.* (× 24 000)

LOS ACIDOS NUCLEICOS CITOPLASMICOS

Es característico de las células nerviosas que su citoplasma contenga grandes masas de material basófilo, llamado sustancia de Nissl por el nombre de su descubridor. En la actualidad se sabe que el material contiene ribonucleótidos y que éstos están dispuestos en unidades de estructura específica, a las que se ha dado el nombre de retículo endoplásmico o ergastoplasma [27].

La sustancia de Nissl aparece en el microscopio normal como unas masas de material fuertemente basófilo, dividido a menudo en grupos o cuerpos separados por espacios más claros (Figs. 3–6 y 41). El microscopio electrónico muestra que los cuerpos de Nissl son agregados de masas de tubos estrechos, que, con frecuencia aunque no siempre, están cubiertos de gránulos finos (Fig. 1B). Los tubos pueden tomar formas diferentes: cisternas aplastadas, túbulos, vesículas, constituyendo un complicado sistema de ramificaciones e intercomunicación. Las membranas limitantes tienen un espesor de 6–7 mμ y los lúmenes varían de 30 a 50 mμ, con dilataciones más anchas. Los gránulos adheridos a estos túbulos son de 10–30 mμ de diámetro y por lo común aparecen dispuestos en racimos o rosetas de cinco o siete, pero también aparecen aislados o en filas. Los gránulos son comparables a los microsomas, partículas basófilas que cabe aislar en el hígado y en otros tejidos por centrifugación [10]. En las células hepáticas se ha comprobado que esta fracción contenía enzimas proteolíticas.

Alejándonos del núcleo, los gránulos de Nissl se hacen, en general, más pequeños y constituídos por un retículo cada vez menos regularmente distribuído. Según nos acercamos al exterior de la

célula o dendrita, el retículo se fracciona cada vez en componentes más pequeños y aparece en las partes periféricas como una red o trama muy suelta o en forma de túbulos separados, con o sin gránulos adheridos. En las preparaciones presentadas en la Fig. 41, la eliminación del plástico ha desfigurado los elementos individuales del retículo de modo que aparecen como hilillos con gránulos adheridos.

La distribución de esta sustancia a través de la célula puede seguirse de cerca por medio del microscopio normal estudiando la basofilia. El citoplasma del cuerpo celular se tiñe intensamente con tintes básicos, que ponen de manifiesto los gránulos de Nissl. Procediendo desde el cuerpo de la célula a lo largo de las axonas o de las dendritas, la intensidad de la coloración disminuye al principio rápidamente y luego más despacio. No disponemos de las mediciones de este cambio, pero la diferencia entre las sustancias cercanas al cuerpo de la célula y las que están más alejadas se muestra claramente donde el extremo distal de una célula entra en contacto con la parte más próxima de otra en una sinapsis (Figs. 14 y 36).

Todas estas pruebas son compatibles con el supuesto de que el retículo endoplásmico y sus ácidos ribonucleicos intervienen en la síntesis de sustancias, la proteína tal vez, bajo la influencia del núcleo. Pueden producirse ribonucleoproteínas específicas dentro del cuerpo de la célula y pasar luego por los procesos del nervio para originar allí nueva síntesis. Una fibra nerviosa cuya axona mida 10μ de diámetro puede tener un metro o más de longitud, siendo difícil imaginarse cómo se puede verificar el transporte a lo largo de un conducto tan estrecho. Sin embargo, hay motivos para pensar que tal transporte tiene lugar. El movimiento activo a lo largo de las axonas se observa fácilmente en un cultivo de tejido, y hay pruebas de mucho peso que sugieren el transporte en una dirección hacia fuera de la célula a lo largo de las fibras nerviosas [37, 41]. Cada parte de la célula nerviosa depende del cuerpo celular, y cualquier porción arrancada empieza a degenerar y queda descompuesta a los pocos días. Debe haber, por tanto, alguna forma de transmisión a lo largo de la fibra nerviosa que asegure el mantenimiento de la organización. Las fibras nerviosas adquieren fácilmente un perfil ondulante (Fig. 16), y se ha supuesto que el material de que están compuestas posee propiedades líquidas y tiende a descomponerse como consecuencia de los efectos de la tensión superficial [41]. La presión dentro de la fibra podría prevenir esta rotura, y existe probablemente también una transferencia continua de sustancias a lo largo de la fibra. Si se separa una célula nerviosa y se la deja aislada por completo del cuerpo, algunas veces pueden observarse señales de traslación de la sustancia de Nissl desde el cuerpo de la célula a la axona después de transcurridas algunas horas (Fig. 17).

Los nucleótidos citoplásmicos cambian fácilmente su actividad como reacción a los cambios en la fibra nerviosa. Si se separa la axona, se reduce primeramente la cantidad de sustancia de Nissl (Fig. 5, cromatólisis), la cual se forma de nuevo inmediatamente cerca o en la superficie del núcleo (Fig. 6). Además, si la célula nerviosa está en actividad continua durante algún tiempo, aumentan los ribonucleótidos citoplásmicos [20]. Debe, por tanto, existir un agente mediante el cual se verifica la transmisión desde las partes periféricas de la célula hasta el centro de la misma.

LOS LIPOCONDRIOS

El sistema conocido como «aparato de Golgi» contiene varias sustancias distintas. Esto puede verse muy claramente en las neuronas de los moluscos, cuyo estudio vamos a emprender ahora [40]. Los cuerpos de Golgi se componen principalmente de esferas, los lipocondrios [3], que contienen fosfátido y otras sustancias. Están coloreadas de amarillo en algunas células (*Vid. infra*) y se tiñen intravitalmente con rojo neutro, azul de metileno y otros colorantes. Hay asociadas con estos cuerpos otras sustancias, y el sistema en conjunto puede adoptar, después de fijado, la apariencia de una malla u otros aspectos, especialmente dado que los lipocondrios son muy sensibles a los cambios en la presión osmótica (*Vid. infra*).

Si se examinan cortes finos de un ganglio de pulpo o de sepia en agua de mar se ven numerosas esferas incoloras o tenuamente amarillas en la región circundante del núcleo. Estos cuerpos se pueden teñir con rojo neutro (Fig. 18), colorante que algunas veces tiñe estructuras pre-formadas en las células, aunque puede también producir reacciones que dan lugar a la formación de cuerpos que no estaban antes presentes. Es posible en estas células nerviosas de cefalópodos ver los cuerpos no teñidos y observar en ellos la aparición de color cuando se hace penetrar por debajo del cubreobjetos una solución diluída de rojo neutro. Los cuerpos teñidos presentan cambios interesantes al variar la tonicidad del medio. Se abultan al

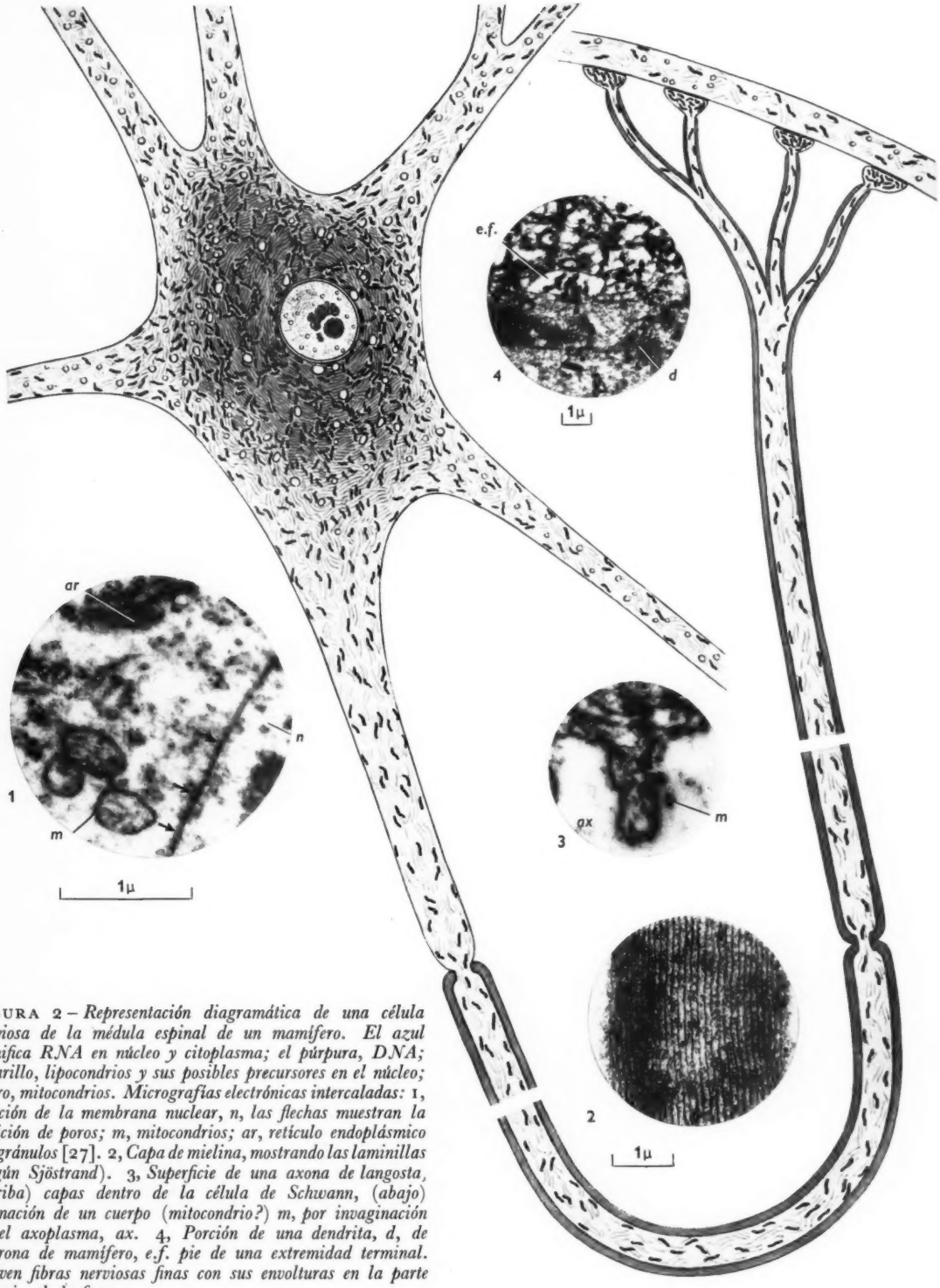
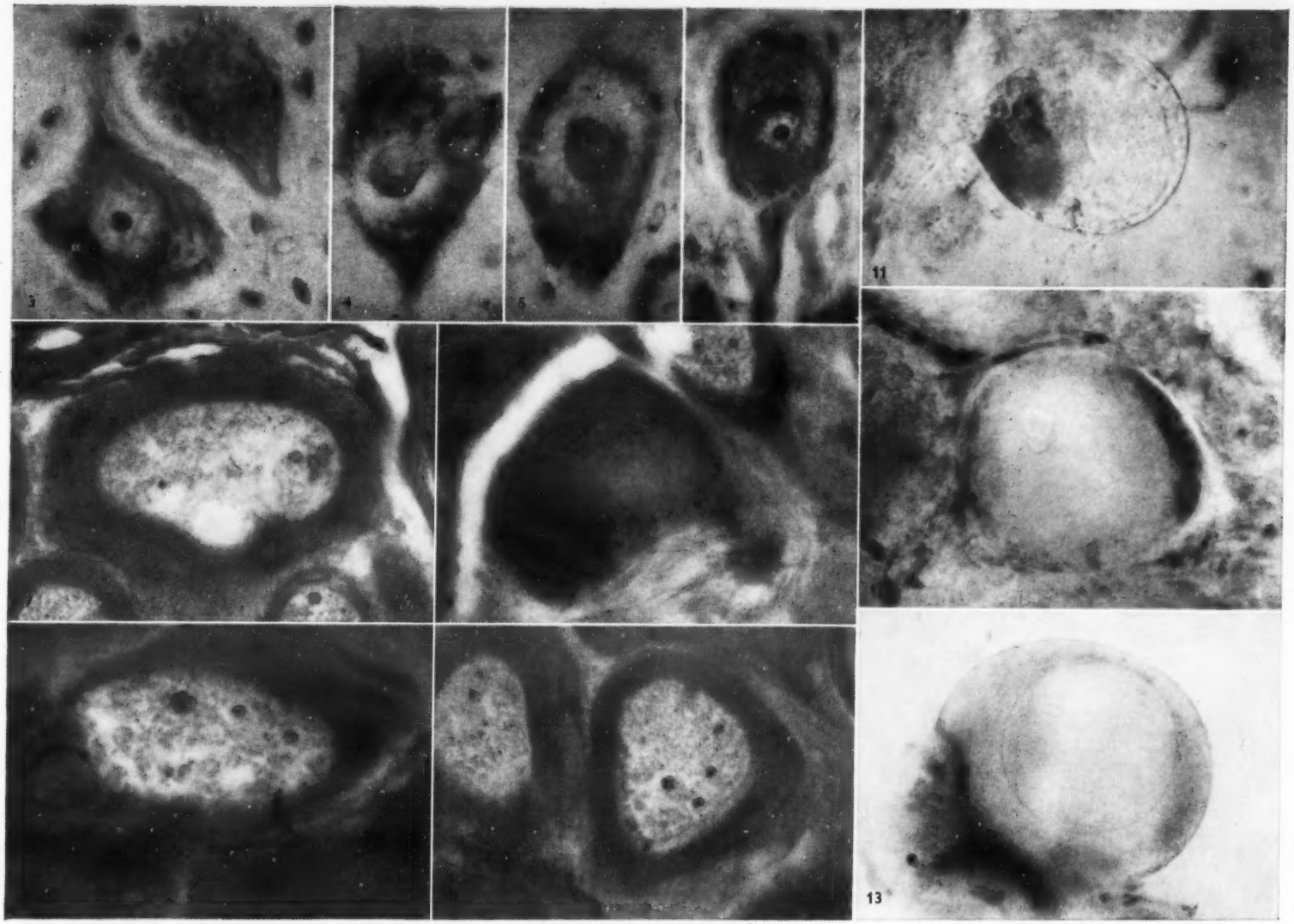


FIGURA 2 – *Representación diagramática de una célula nerviosa de la médula espinal de un mamífero. El azul significa RNA en núcleo y citoplasma; el púrpura, DNA; amarillo, lipocondrios y sus posibles precursores en el núcleo; negro, mitocondrios. Micrografías electrónicas intercaladas:* 1, *Porción de la membrana nuclear, n, las flechas muestran la posición de poros; m, mitocondrios; ar, retículo endoplásmico sin gránulos* [27]. 2, *Capa de mielina, mostrando las laminillas (según Sjöstrand).* 3, *Superficie de una axona de langosta, (arriba) capas dentro de la célula de Schwann, (abajo) formación de un cuerpo (mitocondrio?) m, por invaginación en el axoplasma, ax.* 4, *Porción de una dendrita, d, de neurona de mamífero, e.f. pie de una extremidad terminal. Se ven fibras nerviosas finas con sus envolturas en la parte superior de la figura.*



FIGURAS 7–10 – *Células nerviosas de la liebre de mar* (Aplysia), *fijadas en una mezcla acética de cromo y osmio y coloreadas con safranina. Los nucléolos basófilos contienen cuerpos refringentes no teñidos. Los nucleótidos citoplásmicos aparecen como un anillo rojo alrededor del núcleo. El osmio colorea de negro los lipocondrios (especialmente en la Fig.* 8).

FIGURA 3 – *Células de médula espinal del gato.*
FIGURA 4 – *Célula nerviosa normal de pulpo.*
FIGURA 5 – *Célula nerviosa de pulpo cuya axona se había cortado 7 días antes; desaparición de los nucleótidos citoplásmicos.*
FIGURA 6 – *Célula similar después de 17 días de haberse cortado la axona. Los nucleótidos van apareciendo de nuevo; abundan alrededor del núcleo.*
Figs. 3–6; *fijación con flúido Carnoy, coloración con azul de toluidina, mostrando el material basófilo en el núcleo y citoplasma.*

FIGURAS 11–13 – *Células nerviosas vivas de liebre de mar, examinadas en agua de mar. Los núcleos grandes contienen gránulos finos, y en la Fig.* 12 *se ve un nucléolo con centro refringente. En el citoplasma hay masas de lipocondrios que contienen pigmento amarillo.*

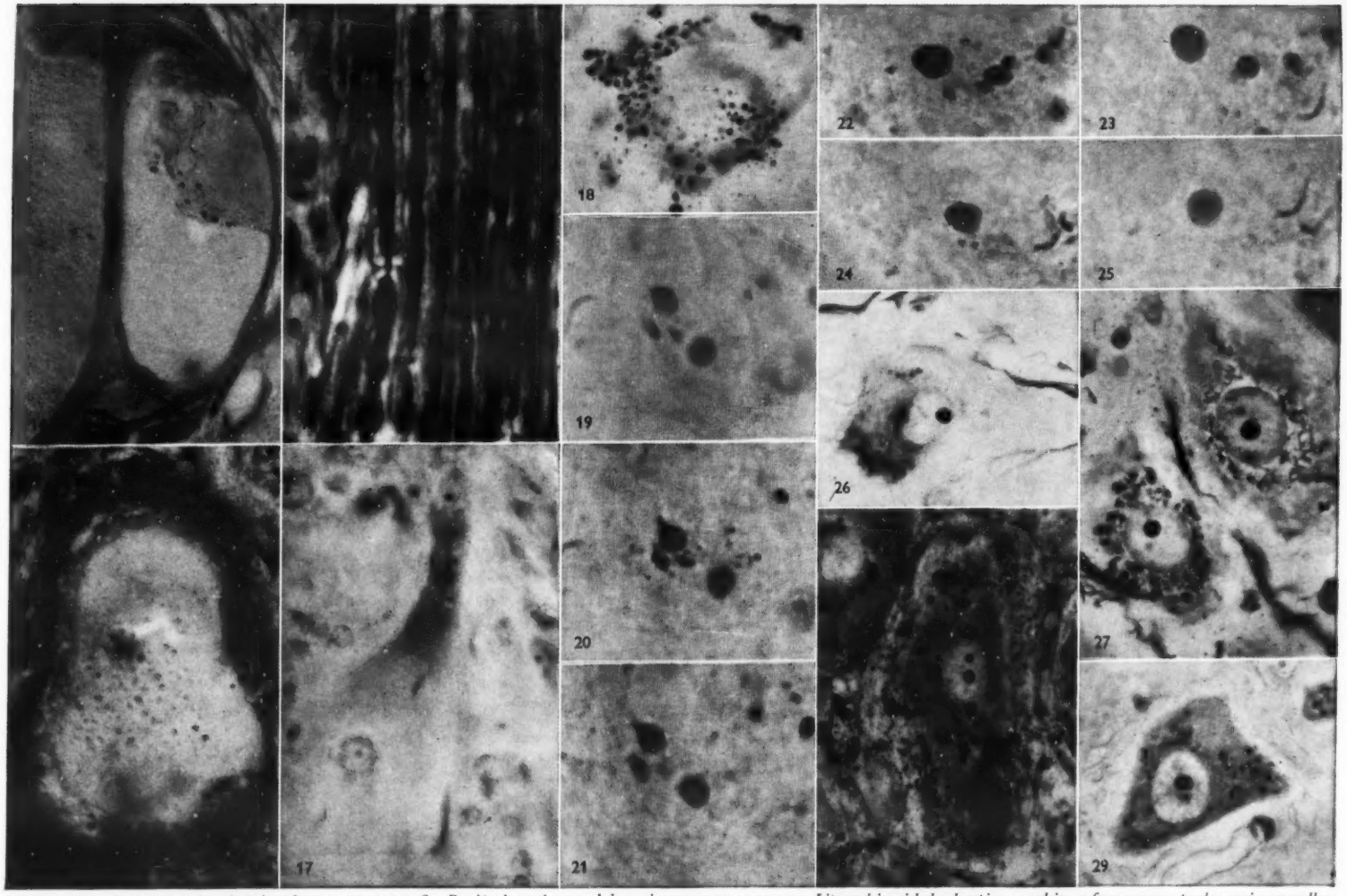


FIGURA 14 – *Sección de unión sináptica gigante del calamar. La fibra presináptica contiene poco material basófilo, apenas está coloreada; el axoplasma post-sináptico es oscuro. El contacto entre los dos se hace mediante una lengüeta de protoplasma post-sináptico que sale de la fibra (izquierda). Gránulos sinápticos rojos cerca de la superficie de contacto.*

FIGURA 15 – *Sección de dendrita de célula gigante del calamar. Las fibras presinápticas terminan en puños alrededor de la dendrita.*

Figs. 14–15 *fijadas con ácido pícrico en agua de mar, tinte tricromático Masson.*

FIGURA 16 – *Porción de nervio normal de conejo; contorno ondulado de las axonas. Fijación con licor de Bouin, tinte de Bodian y tinte tricromático de Masson. Las axonas son de color púrpura y el tejido conectivo es verde. La mielina se ha disuelto.*

FIGURA 17 – *Célula nerviosa de pulpo de un ganglio separado y retenido durante 24 horas antes de fijación en alcohol; coloración con azul de toluidina. Los nucleótidos citoplásmicos se han corrido hacia abajo de la axona.*

FIGURA 18 – *Célula nerviosa de sepia después de aislamiento en agua de mar y coloración con rojo neutro.*

FIGURAS 19–21 – *Lipocondrios aislados de sepia, coloreados con rojo neutro.* 19, *en agua de mar. En* 20 *se ha introducido debajo del cubre agua de mar con NaCl. En* 21 *se ha agregado agua de mar diluída.*

FIGURAS 22–25 – *Experimento parecido.* 22, *agua de mar;* 23, *agua de mar diluida a la mitad de su concentración;* 24, *agua de mar* 3 *veces hipertónica;* 25, *otra vez a la mitad de su concentración.*

FIGURA 26 – *Neuronas de médula espinal de conejo coloreadas con plata (da Fano), contracoloreadas con rojo neutro y verde claro. Lipocondrios, esferas oscuras, pueden reunirse en mallas; nucleótidos de los nucléolos y sustancia de Nissl, color rojo o castaño; mitocondrios, verdes.*

FIGURA 27 – *Neuronas de médula espinal de conejo. Coloreadas según da Fano, contracolor, según Azán; nucleótidos rojos o castaño.*

FIGURA 28 – *Neuronas de pulpo, coloreadas con plata da Fano y azul de toluidina. Lipocondrios, esferas deformadas de color de oro; nucleótidos, azules o verde-castaño.*

FIGURA 29 – *Neuronas de pulpo coloreadas con osmio (Kopsch) y contracoloreadas con fucsina ácida. Lipocondrios, rojos, con material colorante de osmio.*

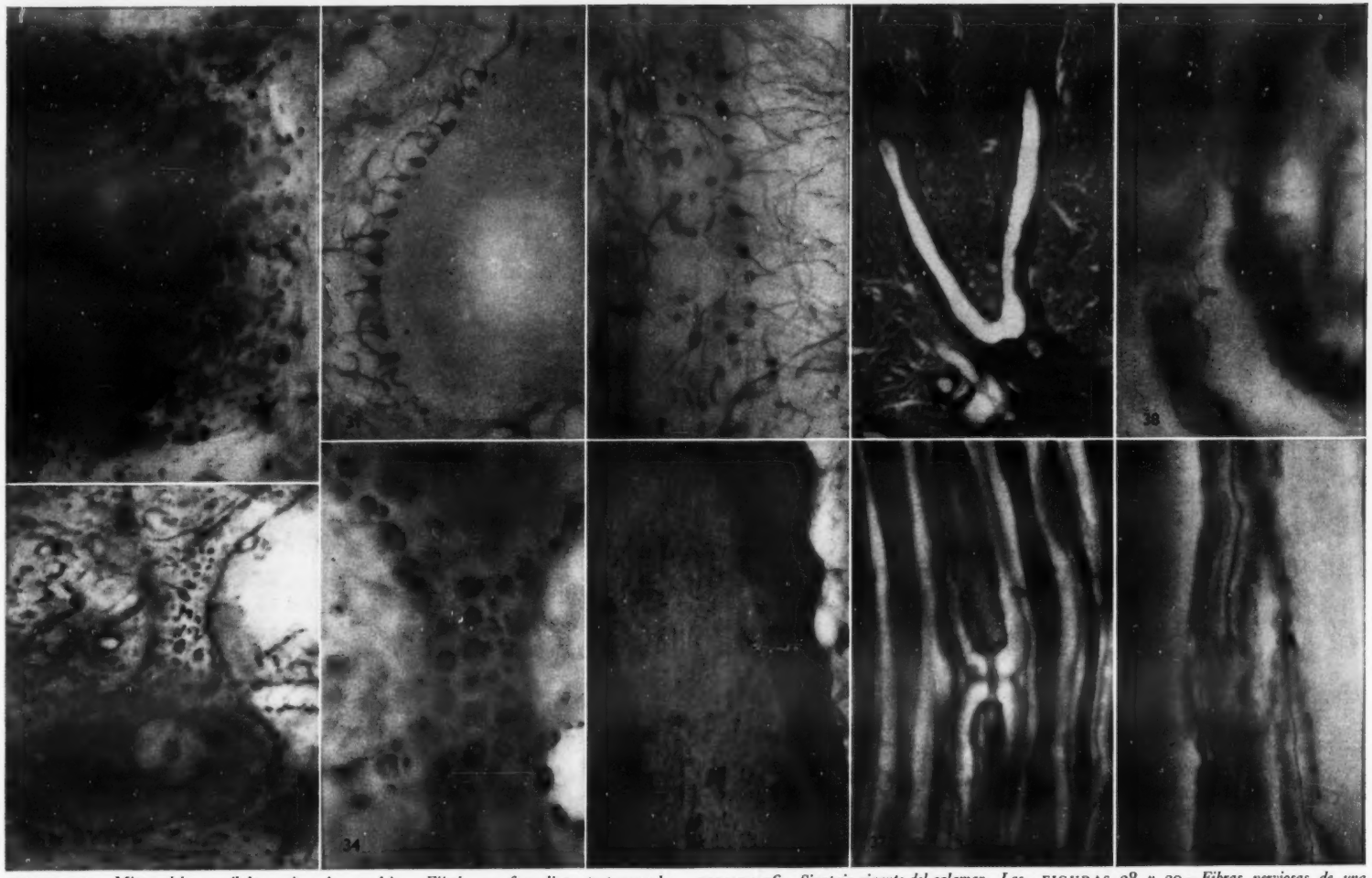


FIGURA 30 – *Mitocondrios en célula nerviosa de la médula espinal del conejo. Fijados en formalina, post-cromados, incrust. «Carbowax», coloreados por un método de plata.*

FIGURAS 31 *y* 32 – *Pie de extremidad sináptica en la espina dorsal del conejo. Fijado en formalina, coloreado según el método de Cajal, en «Carbowax».*

FIGURAS 33 *y* 34 – *Pies de extremidades sinápticas coloreadas para mostrar los mitocondrios. Fijadas en formalina, post-cromadas, incrustadas en «Carbowax», coloreadas con plata de Bielschowsky (modificada).*

FIGURA 35 – *Sección longitudinal de porción post-sináptica de una fibra nerviosa gigante de calamar* (Vid. *Fig.* 36). *Neurofibrillas en el axoplasma. El axoplasma inmediatamente debajo de la sinapsis contiene gránulos sinápticos de menos material basófilo que el resto. Fijado con picroformol en agua de mar; coloración de Mallory.*

FIGURA 36 – *Sinapsis gigante del calamar. Las fibras presinápticas están poco coloreadas, son pobres en nucleoproteínas* (*pág.* 9). *Fibras sinápticas gigantes extendidas por encima de la parte coloreada más oscuramente. Preparación como Fig.* 35.

FIGURA 37 – *Nodo de Ranvier en nervios de conejo. Coloración: Bouin, Bodian, Mallory. Axonas púrpura, colágeno verde, mielina disuelta.*

FIGURAS 38 *y* 39 – *Fibras nerviosas de una rana coloreadas supravitalmente con azul de metileno, que penetra sólo en los nodos. Mielina coloreada ligeramente de color castaño con tetraóxido de osmio.*

emplear soluciones hipotónicas, y se contraen con las hipertónicas. El proceso es reversible y cabe observar como una gota pasa sucesivamente por varios ciclos completos (Figs. 19–25). Cuando se encogen, la superficie se contrae también con frecuencia (Figs. 22 y 24) y la gota puede adoptar formas variadas, indicando algunas de ellas que la plasmólisis ha hecho retirar un compartimento interior de la gota, dejando el perfil original externo débilmente visible (Figs. 20 y 24). Semejantes formas semilunares son difíciles de interpretar, a menos que se suponga que la gota está cubierta por dos membranas capaces de separarse [40, 42].

Son, evidentemente, de gran interés las propiedades de las membranas intracelulares, puesto que representan los puntos donde se controlan los procesos metabólicos. Con frecuencia se ha supuesto que las principales superficies reguladoras son la membrana exterior de la célula y la membrana nuclear. La situación se hace mucho más complicada si tenemos que considerar la presencia de otros tipos de superficie específica como las del retículo endoplásmico, los mitocondrios y lipocondrios. Por ejemplo, muchos cálculos sobre la posición del agua libre en el cuerpo han hecho suponer que los intercambios osmóticos tienen lugar en la superficie de la célula. La demostración de que se hallan dentro de la célula hace innecesaria la teoría de la presencia de grandes volúmenes de agua extracelular en los tejidos [22].

Los procedimientos clásicos para poner de manifiesto las sustancias del aparato de Golgi suponen la fijación y teñido con osmio o plata (Figs. 27–29). Mucho se ha discutido la relación de los retículos demostrados por estos métodos con los cuerpos coloreados con rojo neutro. Parat [28] y otros han considerado que el aparato de Golgi, visto después de la fijación, consiste simplemente en vacuolas de rojo neutro desfiguradas. No es del todo correcto este punto de vista, puesto que puede hallarse otras sustancias asociadas con los lipocondrios. La situación es diferente en los tipos distintos de células; además debe tomarse en consideración el efecto del rojo neutro sobre éstas. En las neuronas de los cefalópodos de que estamos ocupándonos, los cuerpos rojo-neutros están ciertamente asociados con las estructuras observables después de fijación por los métodos de Golgi.

Estos cuerpos no siempre son los objetos más fuertemente coloreados que se ven después de teñir con dichos metales. Encontramos gránulos oscuros en las mismas regiones, pero entre los cuerpos rojo-neutros de mayor tamaño y, con frecuencia, sobre la superficie de ellos. Con un tinte adecuado es posible colorear los cuerpos grandes con fucsina ácida, con lo cual se demuestra que son distintos de los gránulos teñidos con metales (Fig. 28).

Se conoce desde hace tiempo, no sólo en este sino en otros casos, el hecho de que el aparato de Golgi contiene un componente de coloración más oscura y otro más liviano. Los ensayos histoquímicos han revelado que pueden hallarse presentes otros varios componentes, por ejemplo un mucopolisacárido [8]. Evidentemente, pues, estamos tratando con un agregado de sustancias de cierta complejidad, y semejante multiplicidad de elementos podría estar en armonía con el concepto de que las sustancias de Golgi constituyen otra de las agrupaciones moleculares fundamentales gracias a las cuales se asegura la organización de la célula.

Las sustancias de este tipo se hallan probablemente presentes en todas las células animales y vegetales, pero no es todavía fácil lanzarse a afirmaciones acerca del significado de las varias formas que adoptan. En las neuronas de algunos moluscos, los lipocondrios en la región perinuclear presentan un color amarillo brillante o anaranjado (Figs. 11–13). Gránulos rojos de hemoproteína se hallan también presentes [23, 36]. Las esferas, descritas más arriba, en los ganglios de los cefalópodos presentan una débil coloración amarilla. Los cuerpos fuertemente amarillos toman el rojo neutro, como los gránulos menos coloreados de los cefalópodos. También se colorean ligeramente con tetraóxido de osmio (Fig. 8), y poseen la facultad de hincharse y encogerse reversiblemente con los cambios de tonicidad del medio. Hay, por tanto, poderosos motivos para pensar que los lipocondrios de las neuronas de los moluscos contienen un pigmento amarillo. El pigmento es soluble en alcohol y puede ser un carotenoide [6]. La irradiación de las neuronas adaptadas a la oscuridad de la *Aplysia* con luz de la longitud de onda absorbida por el pigmento aumenta su tiempo de reacción [2]. Esto nos dice poco sobre la función normal de los lipocondrios, pero indica una relación entre los procesos fotoquímicos en el ojo, que contienen derivados carotenoideos, y un metabolismo celular más general.

Se ha especulado mucho sobre la función de las sustancias de Golgi, la mayoría de las veces con referencia al hecho de que se ven cambios en ellas durante ciertas fases de síntesis celular, y que se producen algunos gránulos secretorios en

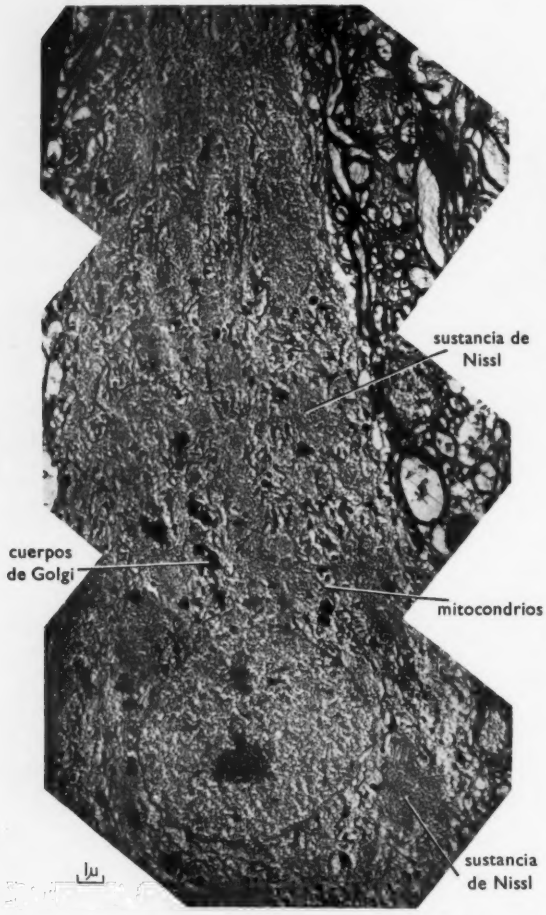


FIGURA 40 – *Micrografía electrónica de parte del cuerpo de la célula y una dendrita de la médula espinal de un conejo.*

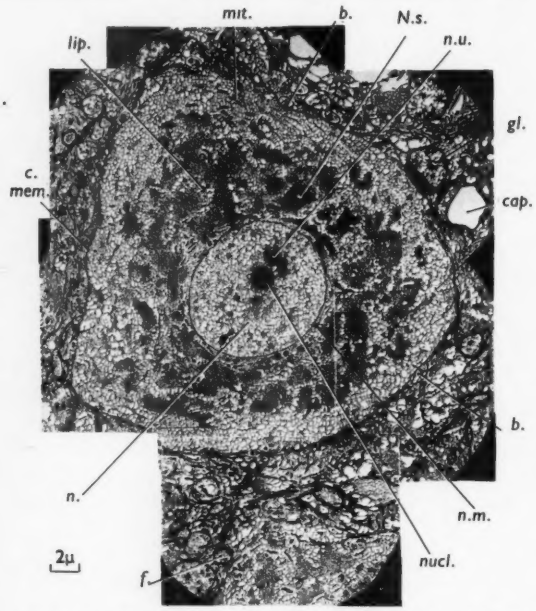


FIGURA 41 – *Dibujo de una micrografía electrónica de célula nerviosa de la médula espinal de un conejo; b., botón; cap., capilares; c. mem., membrana celular; f., fibra nerviosa; gl., glia; lip., lipocondrios; mit., mitocondrios; n., savia nuclear; n.m., membrana nuclear; N.s., sustancia de Nissl; n.u., DNA; nucl., nucléolo.*

relación con aquéllas. Por ejemplo [38], los cuerpos individuales crecen y pueden producir rápidamente partículas bien de material proteínico o de grasa en las larvas en desarrollo. Un nuevo indicio es que existen sistemas oxidantes asociados con estos gránulos [40], lo cual indica una relación con la posible capacidad de los carotenoides como partes de un sistema redox. Si las enzimas sintéticas están localizadas en los lipocondrios, con toda probabilidad necesitan sistemas asociados redox. Es posible que la estructura de cada lipocondrio sea tal que permita a las enzimas sintetizantes trabajar en una cierta dirección mediante la segregación de los productos de reacción en el interior de la vacuola.

Se observan cambios interesantes en las sustancias de Golgi de las células nerviosas después de separada la axona. Aparecen cerca del núcleo grandes cantidades de lipocondrios muy pequeños (Fig. 26). Es posible que éstos estén relacionados con el proceso de síntesis que acompaña a la regeneración de la fibra nerviosa. Por desgracia, se desconoce cómo se producen estas partículas.

Es dudosa todavía la condición de las sustancias de Golgi en las células nerviosas de los vertebrados. Es, precisamente, en estas células donde Golgi describió por primera vez su retículo, pero es muy probable que su forma sea un artefacto de fijación; muchos de los cuerpos coloreados con estos métodos son esferas (Fig. 29). El microscopio electrónico muestra los lipocondrios como esferas opaco-electrónicas después de fijación con osmio (Figs. 1, 40 y 41). No se conoce su origen o procedimiento de formación, pero se parecen a las pequeñas esferas opaco-electrónicas que se observan en el interior del núcleo. Algunas preparaciones hacen suponer que las últimas pasan a través de la membrana nuclear. Se ha sugerido frecuentemente que el núcleo produce los lipocondrios, por ejemplo, en la formación de la yema del huevo [39]. Es por tanto una hipótesis razonable que se trata de partículas organizadas,

producto del núcleo bajo el control definitivo de los genes.

Los lipocondrios son mayores y mucho más numerosos en la región del cuerpo de la célula en torno del núcleo. Están relacionados con el retículo endoplásmico; de hecho, se encuentran en el centro de las laminillas concéntricas de dicho retículo. Se extienden dentro de las dendritas, pero allí son más pequeños y menos numerosos, y no se los encuentra en la axona. Esta distribución concuerda con la hipótesis de que son partículas producidas por el núcleo y capaces de emprender actividades sintéticas especiales en el citoplasma.

LOS MITOCONDRIOS

Estos cuerpos, por lo común en forma de varillas, son los mejor conocidos de todos los constituyentes citoplásmicos discretos. Contienen una gran parte del sistema de oxidasa citocrómica de las células, además de otras muchas enzimas [33]. Intervienen activamente en numerosos procesos metabólicos. Poseemos pocos datos todavía acerca del origen y desarrollo de los mitocondrios, o de cómo se controlan las reacciones que ellos hacen posibles. Los mitocondrios de las células nerviosas, como los de otras, contienen un sistema de tabiques internos (Figs. 1, 2). Se hallan en todas las partes de la célula pero con distinta densidad. Son abundantes en la región que circunda el núcleo (Fig. 30) y están esparcidos entre los gránulos grandes de la sustancia de Nissl en el cuerpo de la célula. En el borde de éste, allí donde el retículo endoplásmico aparece en forma de vesículas separadas, los mitocondrios son numerosos y con frecuencia en estrecho contacto con elementos del retículo. Son asimismo numerosos en las dendritas, pero menos abundantes en la sustancia de la axona, donde se tienden como varillas muy alargadas paralelas al eje de la fibra. Los mitocondrios son también muy abundantes en las finísimas raicillas terminales de la axona (Figs. 33 y 34), que forman las terminaciones sinápticas con las motoneuronas de la médula espinal.

Los mitocondrios son un ejemplo claro de agregados complejos que deciden las reacciones que se verifican en sus inmediaciones. Se desconoce su modo de formación, pero pueden originarse en el núcleo (pág. 8) o en la superficie de la célula (pág. 17) y transmitirse a través del citoplasma. Son, en realidad, importantísimas en el control del metabolismo de cada parte y en determinar en qué reacciones va a intervenir una molécula que penetre en esa región. Durante el período de síntesis activa, que tiene lugar en el cuerpo de una célula nerviosa después de separarse de la axona, aumenta el número de mitocondrios [17].

NEUROFIBRILLAS

Las técnicas histológicas demuestran a menudo la presencia de fibras claramente definidas dentro de la axona. Se han observado fibrillas nerviosas vivientes en tejidos de cultivo, pero es probable que, por lo común, no existan en condiciones normales como grandes entidades discretas. El material del cuerpo de la célula — axona o dendrita — puede presentar señales de orientación longitudinal (Fig. 35). Si una fibra nerviosa gigante de calamar o sepia se examina viva en agua de mar, se observan señales muy tenues de estriación longitudinal. Si se lesiona la fibra puncionándola, las estriaciones se hacen mucho más definidas. Parece probable, por tanto, que el material de la neurona contiene partículas alargadas, que fácilmente se reunen para formar fibrillas más definidas. Varios investigadores han visto filamentos de 6–10 mμ de diámetro y de longitud indefinida empleando el microscopio electrónico [31, 27], los cuales indican la presencia de moléculas capaces de formar partículas largas. Poco puede decirse hoy acerca de su significado, pero cabe la posibilidad de que constituyan un armazón o citoesqueleto para las fibras nerviosas largas. De ser ello así, no podrían clasificarse como agentes del sistema de comunicación intracelular para transmitir señales que inicien actividades de tipo específico, como lo hacen los gránulos antes estudiados. Con todo, pueden formar parte esencial del sistema de comunicación si las moléculas grandes contribuyen al transporte de las partículas encargadas de la transmisión de señales, bien dirigiendo el flujo o bien apoyándolo activamente.

LA SUPERFICIE DE LA CELULA NERVIOSA

Los potenciales de acción, que son las señales características con las que opera la célula nerviosa, se producen y propagan por su superficie, siendo, por consiguiente, de importancia especial las propiedades de la cubierta externa de la célula. La membrana es tan sutil que antes del advenimiento del microscopio electrónico no se conocía casi nada de su aspecto. Con este aparato puede verse como una membrana doble y continua, de 10 mμ de espesor que cubre toda la superficie del cuerpo de la célula y de las dendritas.

Las condiciones en la superficie de la axona resultan complicadas por la presencia de las capas

de recubrimiento de mielina. Las axonas nunca o raras veces se presentan libres, sino que están cubiertas siempre por el protoplasma de las células de Schwann. Las membranas entre el protoplasma de la célula de Schwann y el axoplasma están preparadas para producir las laminillas de lipoproteína que proporcionan la superficie aislante de la fibra. En las fibras nerviosas plenamente meduladas de los vertebrados, la cubierta de mielina (de dos o más micras de espesor), cubre la axona, menos en los nodos de Ranvier, que están separados a uno o más milímetros de distancia (Fig. 37). La única parte de la axona en inmediato intercambio con la zona circundante es la diminuta región del nodo. La corriente engendrada en un nodo pasa y excita el siguiente, siendo por tanto la velocidad de propagación acrecentada por la vaina. Si una fibra medulada se colorea con azul de metileno, el colorante penetra solamente en el nodo y la mielina impide su acceso al resto de la fibra (Figs. 38 y 39).

No hay nodos en las fibras nerviosas de los vertebrados menores, ni en las de la mayoría de los invertebrados. De ordinario se halla presente, sin embargo, una vaina o envoltura de varias capas. El protoplasma de las células de Schwann en torno de las fibras nerviosas de la langosta contiene varias capas membranosas [16]. La más profunda de ellas está en contacto directo con la superficie de la axona, y constituye, en realidad, la membrana externa de la misma (Fig. 2). Esta localidad es de particular interés, porque en ella tienen lugar los intercambios mediante los cuales se carga y descarga la fibra nerviosa impeliendo iones de potasio para cargar, y expeliendo iones de sodio [19]. Tiene, pues, especial significado que existan numerosos mitocondrios en la región exterior del axoplasma, debajo de la membrana. Además [16] la capa más profunda de la célula de Schwann se pliega de tal modo que deja suponer que las vesículas pueden llegar a desprenderse para formar los mitocondrios que son especialmente numerosos en las capas externas de la axona (Fig. 2). De ser ello así, nos encontramos con un ejemplo excepcionalmente claro de un intercambio que tiene lugar de una manera quántica mediante la transferencia de unidades sumamente organizadas.

En la placa motora terminal donde la fibra nerviosa estimula un músculo, hay una porción especializada de la neurona, sobre la que no podemos entrar aquí en detalle. También intervienen numerosos mitocondrios, y la región es de gran actividad metabólica. La llegada de los potenciales de acción a lo largo de la fibra nerviosa sirve para provocar en la placa terminal la liberación de suficiente acetilcolina para la excitación de la fibra muscular, interviniendo de nuevo procesos quánticos. Se liberan continuamente, aun en reposo, cantidades unidad de acetilcolina en la placa terminal [15]. La llegada de los impulsos nerviosos sirve para aumentar la rapidez de liberación de los quanta por encima de un valor umbral. No se sabe todavía si estas unidades quánticas se determinan por separación de cuerpos visibles de la terminación nerviosa del músculo. Hace suponer esto la presencia de agregados de cuerpos a la placa terminal [30].

GRANULOS SINAPTICOS

Poseemos algunas pruebas de que la estimulación de una neurona por otra se verifica también por la liberación de unidades figuradas de material. Se conoce desde algún tiempo la presencia de gránulos, coloreables con fucsina ácida, en las sinapsis de las células gigantes [4, 43]. En el calamar, estos gránulos pueden verse en las terminaciones presinápticas (Fig. 15), entre las dos superficies (Fig. 14) y en el interior de la neurona postsináptica (Fig. 35). No se sabe con seguridad si los gránulos están compuestos de las mismas sustancias en todos esos casos; pero todos se colorean por igual y no se encuentra en las inmediaciones ninguna sustancia que les sea comparable. Hay, pues, motivos para suponer que también en este caso se transmiten las señales mediante la liberación de partículas tipo.

En las sinapsis de la médula espinal de los mamíferos las fibras presinápticas están llenas de partículas extraordinariamente grandes (Figs. 2, 33 y 34). Puede que sean mitocondrios, o tal vez otra sustancia más especializada. En este caso nos falta todavía una prueba final de la transferencia de partículas a la célula postsináptica, pero se han observado ya señales indicadoras de ello [14].

CONCLUSION

La presencia en la célula de varios tipos de partícula figurada está enteramente en consonancia con la hipótesis de que interviene alguna forma de sistema de señales; el problema está en descubrir cómo se transmite la información. Algo debe transmitirse desde el cuerpo de la célula a lo largo de la fibra nerviosa, porque ésta pierde su estado estable en caso de ablación. Recíprocamente, algo debe transmitirse hacia el núcleo,

puesto que después de la ablación de la axona procede a una mayor síntesis proteínica.

Estas partículas no presentan ciertamente distribución uniforme en la célula nerviosa. Carecemos todavía de datos referentes a sus frecuencias en las diferentes partes. Si fuera posible obtener tales cifras, especialmente de células en distintas condiciones, quizás arrojasen mucha luz sobre los problemas referentes al lugar donde se forman esos cuerpos y las causas que determinan su número en una región cualquiera. No está bien claro si existe relación entre alguno de estos tipos de partícula y los gránulos encontrados en las superficies sinápticas, pero hay pruebas suficientes para suponer que no sólo estos gránulos sinápticos sino todas las partículas son unidades mediante las que la célula mantiene y transmite una configuración estable. Hay algunas pruebas de que algunas de las partículas citoplásmicas se forman en la superficie nuclear o cerca de ella. Puede ser que el núcleo proporcione las señales que garanticen un estado estable liberando estos cuerpos dentro del citoplasma. Estas instrucciones deben controlar el metabolismo de partes de la célula que están a varios decímetros de distancia, como en el caso de una fibra nerviosa larga. No sería de extrañar, por consiguiente, que fueran transportadas en forma de partículas agregadas discretas que transmitiesen la instrucción con más exactitud que un flujo molecular continuo.

Es imposible en el momento actual decir más acerca de cómo se producen esas partículas o se regula su composición, como es necesario si cada una tiene que funcionar como una señal que origina un efecto definido en algún punto distante. Necesitamos obtener más datos respecto a su lugar de formación y transporte en la célula antes de que pueda desarrollarse más extensamente la comparación con un sistema de comunicaciones.

El autor se complace en testimoniar su reconocimiento a R. G. W. Wyckoff por sus micrografías electrónicas de las figuras 1(*a*), 2(4), 40 y 41; y hace extensivo su reconocimiento a Mr. J. Armstrong por su fotografía en color y a Miss E. R. Turlington por sus dibujos de las figuras 2 y 41.

BIBLIOGRAFIA

[1] Aitken, J. T., Sharman, M. y Young, J. Z. *J. Anat., Lond.*, **81**, 1, 1947.
[2] Arvanitaki, A. y Chalozonitis, N. *Arch. Sci. physiol.*, **3**, 27, 1949.
[3] Baker, J. R. *Quart. J. micr. Sci.*, **85**, 1, 1945.
[4] Bodian, D. *J. comp. Neurol.*, **68**, 117, 1937.
[5] Borysko, E. y Bang, F. B. *J. appl. Phys.*, **23**, 163, 1952.
[6] Cain, A. J. *Quart. J. micr. Sci.*, **89**, 421, 1948.
[7] Caspersson, T. «Cell growth and cell function». W. W. Norton and Company Inc., Nueva York, 1950.
[8] Casselman, W. G. B. *J.R. micr. Soc.*, **74**, 209, 1954.
[9] Causey, G. y Hoffman, E. *Proc. roy. Soc.* En prensa.
[10] Claude, A. *Biol. Symp.*, **10**, 111, 1943.
[11] Claude, A. y Fullam, E. F. *J. exp. Med.*, **81**, 51, 1945.
[12] Darlington, C. D. *Symp. Soc. exp. Biol.*, **1**, 252, 1947.
[13] Davidson, J. N. «The biochemistry of the nucleic acids». Methuen and Company Limited, Londres. 1953.
[14] de Robertis, E. *J. Histochem. Cytochem.*, **2**, 341, 1954.
[15] Fatt, P. y Katz, B. *J. Physiol.*, **117**, 109, 1952.
[16] Geren, B. B. y Schmitt, F. O. *Proc. nat. Acad. Sci., Wash.*, **40**, 863, 1954.
[17] Hartmann, J. F. *Anat. Rec.*, **100**, 49, 1948.
[18] *Idem. Ibid.*, **118**, 19, 1954.
[19] Hodgkin, A. L. *Biol. Rev.*, **26**, 339, 1951.
[20] Hyden, H. *Acta physiol. scand.*, **6**, 5, 1943.
[21] Knowles, F. G. W. *Endeavour*, **14**, 95, 1955.
[22] Krebs, H. A., Bartley, W. y Davies, R. E. *Proc. roy. Soc. B*, **142**, 187, 1954.
[23] Legendre, R. *Arch. Anat. micr.*, **10**, 287, 1908.
[24] Mandelbrot, B. *Word*, **10**, 1, 1954.
[25] Moore, K. L. y Barr, M. L. *J. comp. Neurol.*, **98**, 213, 1953.
[26] Palade, G. E. *J. Histochem. Cytochem.*, **1**, 188, 1953.
[27] Palay, S. L. y Palade, G. E. *J. Biophys. biochem. Cytol.*, **1**, 69, 1955.
[28] Parat, M. *Arch. Anat. micr.*, **24**, 73, 1928.
[29] Peters, R. A. «Perspectives in Biochemistry». Compilado por J. Needham y D. A. Green, Cambridge. 1937.
[30] Robertson, D. En prensa.
[31] Schmitt, F. O. y Geren, B. B. *J. exp. Med.*, **91**, 499, 1950.
[32] Schneider, W. C. y Hogeboom, C. H. *Cancer Res.*, **11**, 1, 1951.
[33] Schneider, W. C. *J. Histochem. Cytochem.*, **1**, 212, 1953.
[34] Shannon, C. E. *Bell Syst. tech. J.*, **27**, 379, 1948.
[35] Spector, W. G. *Proc. roy. Soc.* B, **141**, 268, 1953.
[36] Thomas, O. L. *Quart. J. micr. Sci.*, **88**, 445, 1947.
[37] Weiss, P. y Taylor, A. C. *J. exp. Zool.*, **95**, 233, 1944.
[38] Worley, L. G. y Worley, E. K. *J. Morph.*, **73**, 365, 1943.
[39] Worley, L. G. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **47**, 1, 1946.
[40] Young, J. Z. *Quart. J. micr. Sci.*, **75**, 2, 1932.
[41] *Idem.* «Essays on Growth and Form». Compilado por W. E. Le Gros Clark y P. B. Medawar. Clarendon Press, Oxford. 1945.
[42] *Idem. Quart. J. micr. Sci.*, **94**, 399, 1953.
[43] *Idem. Phil. Trans.* B, **229**, 465, 1939.

Algunas ideas sobre la actividad óptica

H. M. POWELL

Representa un tributo al genio de Pasteur el hecho de que permanezcan válidas sus principales conclusiones sobre la actividad óptica y que sus tres métodos de resolución de las sustancias ópticamente activas no hayan sufrido transformaciones de importancia en casi un siglo. Sin embargo, en años recientes se han utilizado nuevos métodos de resolución y descubierto nuevas e interesantes clases de compuestos cuya actividad óptica no es consecuencia directa de una sencilla asimetría molecular.

El hecho de que ciertas sustancias de determinada constitución química puedan obtenerse en dos formas que se diferencian solamente en que sus moléculas son, respectivamente, como un objeto con relación a su imagen en un espejo (es decir, no superponibles) fué descubierto por Pasteur [1] muchos años antes de que fueran asignadas fórmulas estructurales precisas a los compuestos orgánicos sencillos. La idea de que una configuración molecular pueda aparecer como la imagen de otra se remonta, en efecto, a Lucrecio [2].

Algunas sustancias naturales dan soluciones que tienen la propiedad de girar el plano de polarización de una onda luminosa alrededor de la dirección de propagación. La amplitud de la rotación es proporcional a la cantidad de sustancia que la luz ha atravesado, lo que muestra que el efecto no está relacionado con ninguna acción de superficie, y debe ser causado por las moléculas. Los cristales de ácido tartárico natural y sus sales presentan caras hemiédricas y no son superponibles a sus imágenes especulares. El ácido racémico, que es indistinguible del ácido tartárico en composición y en algunas propiedades, no hace girar el plano de polarización, tiene una forma cristalina diferente y no presenta caras hemiédricas. Sus sales preparadas ordinariamente tampoco presentan hemiedrías, a excepción del racemato sódico amónico, del que Pasteur encontró dos series de cristales hemiédricos. Una de estas últimas era idéntica a la de la sal correspondiente obtenida partiendo del ácido tartárico natural y la otra era su forma simétrica, antes desconocida. Los cristales pueden ser separados a mano y se puede obtener de la segunda serie una variedad de ácido tartárico que difiere solamente del ordinario en que sus soluciones desvían el plano de polarización con la misma amplitud, pero en sentido opuesto.

Ahora se conocen muchas sustancias que existen bajo las formas *dextro* y *levo*, y, en todos los casos, la molécula, por una razón o por otra, tiene forma tridimensional que no es superponible con su imagen especular. Puede no tener simetría plana, pero, como una hélice, puede tener uno o más ejes de simetría rotacional: al girar alrededor de un eje, llegada a un ángulo de $360°/n$ (siendo n un número entero y pequeño), la molécula aparece igual que en la posición de partida. No puede tener ninguna simetría que produzca como efecto una imagen especular. Un cuerpo así debe describirse como disimétrico.

En casi todas las reacciones de laboratorio encaminadas a obtener esas sustancias, se produce igual cantidad de moléculas *dextro* que *levo* y el producto da una solución ópticamente inactiva, puesto que las moléculas que efectúan la rotación hacia la derecha están compensadas por igual número que causan una rotación hacia la izquierda. Esto no es así cuando una de las sustancias de partida se utiliza en forma ópticamente activa, pero casi todos los métodos de obtención de moléculas disimétricas a partir de otras que son ópticamente inactivas producen iguales cantidades de ambos enantiomorfos.

No se requiere ninguna influencia especial para formar una molécula disimétrica, pero la relación espacial de las moléculas que reaccionan en los tiempos apropiados se resuelve en una u otra forma de imagen especular. Si la reacción no está afectada por una influencia disimétrica, de dentro o fuera de la molécula, existen las mismas probabilidades de que se produzca la forma *dextro* o la *levo*. Puesto que en escala de laboratorio el número de moléculas que intervienen es inmenso, el producto diferirá de una mezcla igual solamente en una cantidad mínima, ópticamente inapreciable.

Raramente se ha observado una resolución espontánea de estas mezclas racémicas en la cristalización. Se sabe de algunas sustancias, y se sospecha que sea verdad en otras muchas, que en sus estructuras cristalinas contienen igual número

de moléculas *dextro* y *levo*, lo mismo que la mayor parte de las sales de ácidos racémicos originalmente examinadas.

Para separar una mezcla *dl*, Pasteur propuso aplicar una influencia disimétrica que actuaría diferentemente sobre ambas formas. Lo llevó a cabo [3] haciendo actuar sobre una mezcla otra sustancia que tenía ya la forma *dextro* o *levo*. Un ácido *dl* que reaccione con una base *d'* puede dar los productos *dd'* y *ld'*. Estas no son formas de imagen especular y difieren en solubilidad y en otras propiedades, lo mismo que cualquier otro par de sustancias no enantiomorfas. Por lo tanto, pueden ser separadas por métodos ordinarios.

Otro método de Pasteur [4] para obtener sustancias ópticamente activas partiendo de una mezcla racémica exije el uso de organismos vivos. Cuando el racemato amónico se sometía a fermentación, la levadura actuó solamente sobre la sal de uno de los tipos.

Otros numerosos métodos practicados o sugeridos entrañan la aplicación de una influencia disimétrica. Por ejemplo, algunos medios muestran desigual absorción de la luz polarizada circularmente, según que sea hacia la derecha o hacia la izquierda, y en determinadas mezclas eso puede conducir a la destrucción selectiva de un enantiomorfo [5]. Una reacción fotoquímica bajo la influencia de luz polarizada circularmente hacia la izquierda o hacia la derecha puede favorecer la producción de determinada forma [6]. Otro método utiliza la adsorción de la sustancia sobre superficies que se supone pueden comportarse de manera diferente respecto a las moléculas *levo* y *dextro*; por ejemplo, las superficies de cristales como el cuarzo o el azúcar de caña, que pueden obtenerse en formas no superponibles sobre sus imágenes especulares [7]. Una aplicación reciente de los fenómenos de sobresaturación ha conducido a la separación de importante cantidad de treonina racémica [8]. Se requiere solamente una pequeña cantidad de una forma ópticamente activa para iniciar una serie de operaciones que dan alternativamente las formas *dextro* o *levo*. Pueden separarse cantidades importantes de ambas formas, pero lo que hace posible el procedimiento es la influencia disimétrica de las sustancias activas originales.

Pasteur hizo resaltar repetidamente una distinción entre la química de la materia viva y la de los reactivos de laboratorio. Brevemente, dijo que, en contraste con los productos artificiales de laboratorio, las sustancias esenciales de la vida son disimétricas, de manera que no pueden ser superpuestas sobre sus imágenes especulares. Pasteur señala la celulosa, almidones, gomas, azúcares, ácidos tartárico y málico, morfina, estricnina, trementina, albúmina y gelatina, entre otras, como sustancias disimétricas. Refuta muy vigorosamente las pretendidas excepciones basadas en la resolución por organismos vivos, señalando la disimetría introducida por el organismo mismo.

Pasteur no sugería que las sustancias disimétricas no pudieran ser sintetizadas; por el contrario, él trató de realizarlo, con grandes esfuerzos, mediante la aplicación de fuerzas disimétricas. Intentó esto por varios métodos, algunos de los cuales calificó más tarde de groseros. Consideraba el universo como disimétrico, diciendo que si el sistema solar, con los movimientos propios de los cuerpos celestes, fuera colocado delante de un espejo, su imagen no sería superponible con la realidad. Igualmente la Tierra, con sus polos magnéticos, es un objeto no superponible sobre su imagen especular. Para imitar a la naturaleza, decía, es necesario recurrir a las fuerzas disimétricas, como en la acción de los solenoides, del magnetismo, de los movimientos disimétricos de la luz y la acción de las sustancias que son en sí mismas disimétricas. En vista de las polaridades opuestas asociadas con el magnetismo, encontró justificada la propuesta de esta cuestión, referente a la formación de hidrocarburos a partir del carbono en un imán de acero [9]: «*l'aimant, pénétré de ce je ne sais quoi qui le fait aimant et qui est, j'imagine à image non-superposable, ne donnerait-il pas, au moment de la mystérieuse combinaison de son carbone avec l'hydrogène, des molécules dissymétriques? J'irais plus loin; je voudrais comparer les carbures d'hydrogène formés simultanément et separément par l'attaque des deux pôles d'un aimant*». Pasteur se preguntaba qué ocurriría si la albúmina, celulosa y otros constituyentes microbianos pudieran ser reemplazados por sus formas de imagen especular.

Algunas sustancias vivas no son disimétricas y se han sintetizado muchos compuestos inorgánicos que presentan disimetría, pero ya desde la época de Pasteur se ha especulado sobre la manera en que la naturaleza lleva a cabo gran parte de la química vital de manera disimétrica. Mills [10] lo ha relacionado con un proceso de crecimiento. Una mínima diferencia en la proporción de moléculas *dextro* y *levo*, tal como puede existir en una pequeña unidad de un sistema vivo, conduciría últimamente a cambios químicos disimétricos, más eficientes que la correspondiente serie de reacciones con sustancias racémicas. Havinga [11] observa que la cuestión de cómo se han producido

las primeras sustancias disimétricas en los organismos vivos, no es en sí de abrumadora urgencia. Este problema puede ir relacionado con el gran misterio del principio de la vida y se puede suponer con justicia o bien que la primera vida fué disimétrica o que la primera materia viviente vino a existir y más tarde utilizó sustancias ópticamente activas.

Como quiera que sea, existe un especial interés en los procesos que resultan en la producción de sustancias ópticamente activas sin la introducción deliberada de ninguna otra sustancia en una forma resuelta.

Cuando Pope y Peachey [12] utilizaron el ácido *d*-canfo-sulfónico para resolver el metiletil-*n*-propil estaño, obtuvieron el total de la sal compleja de estaño en la forma *d* sin que la forma *l* se acumulase en las aguas madres. Sucedió así porqué en la solución hubo racemización rápida del complejo, el cual fué separado en una forma solamente en el cristal, donde no se racemizó. Aunque este experimento requería el uso de derivado canfórico ópticamente activo, muestra cómo una rápida racemización puede ser aprovechada para conseguir una forma de síntesis asimétrica.

La formación de núcleos en una solución saturada de un racemato por medio de un cristal que contiene un exceso de una forma ópticamente activa, ha sido observada muy a menudo. Por ejemplo, Anderson y Hill [13] encontraron que el primer material depositado de una solución de sulfato de atropina racémico tiene generalmente la forma *levo* cuando la cristalización ha sido llevada a cabo en un laboratorio donde la forma *levo* había sido racemizada. Aunque en tales circunstancias, la atmósfera haría la siembra, parece que en algunos experimentos de esta clase, la cristalización es inducida por sustancias ópticamente inactivas. Darmois [14] publicó en 1953 detalles de algunos experimentos anteriores en los cuales un alcaloide ópticamente activo podía obtenerse de su clorhidrato racémico por precipitación con piridina. Esto se atribuye a la nucleación preferencial, pero no se utilizaron sustancias ópticamente resueltas para iniciarlo. Ferreira [15] llevó a cabo una ligera separación óptica de narcotina por este medio.

Havinga realizó un experimento con sustancias ópticamente inactivas. El yoduro de metil-etil-alil-fenil-amonio cristaliza con una molécula de cloroformo como un conglomerado de cristales *dextro* y *levo*. A la temperatura ambiente, una solución de la forma ópticamente activa se racemiza más bien lentamente, presentando una rotación considerable al cabo de cinco semanas; por enfriamiento muy lento de una solución racémica se obtuvo un cristal, o una cosecha de cristales, de una de las formas solamente.

En fecha reciente se han hecho separaciones sin el empleo de sustancias ópticamente activas con la ayuda de compuestos moleculares cristalinos.

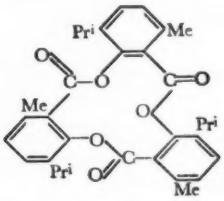
En muchos compuestos moleculares cristalinos, la red está formada por dos diferentes clases de moléculas; los complejos aquí considerados no presentan enlace químico entre los componentes. En una clase especial de esos compuestos, un componente forma una estructura que incluye una serie de espacios en los cuales están contenidas las moléculas de una segunda especie. El que una molécula determinada pueda quedar incluída depende de su forma y tamaño, puesto que debe encajarse en la cavidad disponible. La formación de tales compuestos puede aplicarse para la separación de sustancias que sean química y físicamente semejantes, pero que tengan diferente forma molecular; un caso especial es la separación de moléculas *dextro* y *levo*. Si la estructura circundante consiste en una ordenación de átomos que no es superponible con su imagen especular, entonces las cavidades serán también diferentes de sus imágenes especulares y así pueden incluir una forma de otra molécula, aunque rechace su propio enantiomorfo. La disimetría de una estructura incluyente puede producirse cuando la sustancia que forma la «jaula» sea ópticamente activa, ópticamente inactiva o racémica.

Un ejemplo de una estructura incluyente a su vez ópticamente activa lo proporcionan los compuestos de inclusión de la ciclodextrina [16], en los cuales las moléculas están comprendidas en el gran sistema cíclico de la molécula de la ciclodextrina derivada de la dextrosa. Se ha obtenido una resolución óptica parcial de sustancias racémicas, tales como el éster mandélico, por medio de estos compuestos. Ello depende de la inclusión, pero el reactivo usado es, en este caso, ópticamente activo.

Las moléculas de una sustancia ópticamente inactiva en solución pueden formar estructuras enantiomorfas en el cristal, por ejemplo mediante agrupaciones en espirales hacia la izquierda o hacia la derecha. Ambas formas pueden cristalizar independientemente o pueden aparecer juntas, pero la nucleación preferencial puede traducirse en el predominio de una forma en el producto. Los aductos de urea con moléculas alifáticas sirven de ejemplo. Los espacios en los cuales están

incluídas las moléculas son, en una primera aproximación, una serie de cilindros uniformes dispuestos como los espacios de un panal de miel. Las paredes de los cilindros están formadas, en realidad, de una espiral hexagonal de moléculas de urea. Aunque la diferencia respecto a un cilindro uniforme no parece ser muy grande, los aductos pueden utilizarse para separar el cloruro de octilo secundario y otras sustancias en sus formas enantiomorfas [17].

La estructura de «jaula» puede estar compuesta por las moléculas ópticamente activas de una sustancia que se utiliza como un racemato. Tal sustancia formaría una estructura de «jaula» no enantiomorfa compuesta de igual número de moléculas *d* y *l*; en este caso las cavidades no serían disimétricas, pues si lo fueran se producirían como las moléculas incluyentes, en pares de imágenes simétricas. No se podría esperar de semejante estructura que fuera selectiva respecto a la forma *d* o *l* de un compuesto incluído. Alternativamente, al formarse el compuesto molecular cristalino, puede haber separación en un conglomerado de cristales *d* y *l*. Si un cristal del producto contiene solamente la forma *d* de las moléculas incluyentes, es necesariamente enantiomorfo. Sus cavidades serán las imágenes especulares no superponibles de las de los cristales *l* que constituyen la otra parte del conglomerado. El éster tri-*o*-timótico y sus aductos ilustran este caso [18].



El éster tri-*o*-timótico es ópticamente activo y cristaliza sólo en forma de racemato. Aunque ha sido resuelto puede, en efecto, ser utilizado solamente como una mezcla de formas *d* y *l*, puesto que se racemiza muy rápidamente en solución y tiene un período mediador de muy pocos minutos a la temperatura ambiente. Se obtiene con un disolvente a partir de muchas soluciones en forma de aductos cristalinos. Estos tienen una variedad de estructuras cristalinas. Algunos son racematos, pero muchos son conglomerados de cristales *d* y *l*. Esos cristales no son distinguibles por ningún desarrollo enantiomorfo de caras, pero se ha podido ver mediante experimentos de difracción con rayos X que pertenecen a estructuras espaciales enantiomorfas. En cualquier cristal, están solamente presentes las moléculas de éster tri-*o*-timótico de una dirección. A temperaturas ordinarias no tiene lugar la racemización en el cristal. En el aducto cristalino, las moléculas del éster tri-*o*-timótico están dispuestas en espiral, de manera que uno de los cristales enantiomorfos tiene moléculas de una dirección en una espiral hacia la derecha y su imagen especular tiene las moléculas de la otra dirección dispuestas en una espiral hacia la izquierda. Las moléculas ópticamente inactivas, como las de benceno o *n*-hexano, pueden estar incluídas en las cavidades, y, por razón de su simetría, pueden encajar igualmente bien en cualquiera de ambas estructuras.

Una forma de resolución óptica es la del éster tri-*o*-timótico mismo cuando se forma el aducto con benceno. Mediante lento enfriamiento se puede obtener el rendimiento total en forma de uno o más cristales grandes. Cualquiera de ellos contiene por necesidad solamente las moléculas del éster tri-*o*-timótico de una orientación, resolviéndose así por un proceso que es una forma más simple del primer método de Pasteur. En todo caso, una vez que se forma un núcleo cristalino, tiende a producir más núcleos de su misma clase y esto, espontáneamente o con la ayuda de una siembra deliberada, puede conducir a una cosecha de cristales predominantemente de una clase, sin necesidad de que crezcan grandes cristales simples. Como el período mediador de la racemización es corto comparado con el tiempo de crecimiento de los cristales, todo el éster tri-*o*-timótico separado en algunos experimentos presenta una orientación única. La sola cosa añadida al éster tri-*o*-timótico, originalmente racémico, es el benceno, ópticamente inactivo.

El carácter enantiomorfo de las cavidades en los compuestos moleculares convenientes, puede también utilizarse para separar mezclas racémicas. Una serie de compuestos moleculares del éster tri-*o*-timótico, formados solamente con moléculas que no exceden de un tamaño crítico, tienen cavidades cerradas. Las dimensiones de la molécula del bromuro de butilo secundario disimétrico permiten su inclusión. El producto del enfriamiento lento de una solución de éster tri-*o*-timótico en bromuro de butilo secundario racémico contiene, en general, cantidades desiguales de cristales *levo* y *dextro*; puede obtenerse tal solución, con o sin siembra, predominantemente en una forma, y la fracción de la cosecha que tiene la forma *d* o *l* puede ser valorada por comparación de la actividad óptica con la del éster tri-*o*-timótico completamente

resuelto. Esto es posible porque la rotación inicial de la solución del éster tri-*o*-timótico es mucho mayor que la del material incluído. El bromuro de butilo secundario recuperado resulta ser ópticamente activo. La resolución óptica se ha efectuado sin el uso de una sustancia ópticamente activa en forma resuelta. Se ha encontrado que el alcance de la resolución es el mismo que el del conglomerado desigual del éster tri-*o*-timótico que lo incluye. Esto es lo que se podría esperar si cada cavidad excluyese enteramente una forma del bromuro de butilo secundario. Este comportamiento es el previsible cuando el espacio vacío, como el espacio interior de una bota, no es superponible con su imagen especular y la molécula incluída, como el pie normal, llena la mayor parte de dicho espacio. Un pie izquierdo suficientemente pequeño puede entrar en una bota derecha, pudiendo esperarse análoga conducta en algunos compuestos de inclusión.

Un compuesto molecular cristalino constituído por la formación de un enrejado complejo, pero no dependiente de la inclusión de un componente, tendría ambos compañeros racémicos, uno racémico y uno ópticamente activo, o ambos ópticamente activos. Si son estequiométricos, las rotaciones de las diversas formas estarán relacionadas entre sí. Un caso especial sería el de una estructura que contuviese formas *d* y *l* de la misma sustancia en cantidades fijas pero desiguales. Se conocen estructuras cristalinas en las cuales dos o más posiciones diferentes geométricamente en la celdilla unidad están ocupadas por moléculas de la misma constitución, formando un modelo complejo. Podría haber números desiguales, pero fijos, en diferente posición o números iguales en varias posiciones diferentes. Algunas de estas formas podrían ser ópticamente activas porque la composición global tiene la forma $d_n l_m$, siendo *n* y *m* enteros. Si las formas *d* y *l* son estables, la rotación de tal sustancia sería constante. Una mezcla *dl* podría, en ciertas circunstancias, resolverse espontáneamente en formas cristalinas $d_n l_m$ y $l_n d_m$ que pudieran ser confundidas por *d* y *l* porque tienen rotaciones constantes iguales, pero opuestas.

Los componentes incluídos e incluyentes de compuestos de inclusión pueden tener similarmente varias formas ópticas. En el caso extremo, cuando las cavidades están completamente llenas y son estrictamente selectivas para un enantiómero, habrá una rotación definida relacionada con la naturaleza y proporción de los componentes.

Pueden esperarse efectos especiales en el caso en que la «jaula» sea cerrada, pero suficientemente grande para contener más de una molécula de tamaño apropiado. Se han descubierto estructuras de esta clase. Aquí consideraremos sólamente un caso [19]. La «jaula» es centrosimétrica. Si se forma de una solución en un disolvente racémico, podemos esperar que algunas cavidades estén ocupadas por una molécula incluída *d* y otras por una molécula *l* o, con moléculas suficientemente pequeñas, cavidades con una *d* y una *l* cada una. Con tal que una cavidad y su contenido tengan una influencia despreciable sobre otros, estas formas serán ópticamente inactivas. Puede preverse así un curioso efecto. Supongamos la «jaula» centrosimétrica formada de un disolvente *d*. Las dimensiones son tales que pueden encajar una *d* y una *l*, pero una vez que la cavidad contiene una molécula *d*, el espacio que queda es la forma inadecuada de imagen especular para una segunda molécula *d*, que puede quedar excluída tan rigurosamente como la forma inadecuada del bromuro de butilo secundario en los aductos del éster tri-*o*-timótico. Debiera esperarse, sin embargo, que el compuesto molecular formado del disolvente *d* o *l* incluiría solamente la mitad del material del obtenido con disolvente racémico.

REFERENCIAS

[1] Pasteur, L. *C.R. Acad. Sci., Paris*, **26**, 535, 1848.
[2] Lucretius. «De Rerum Natura», II, 485.
[3] Pasteur, L. *C.R. Acad. Sci., Paris*, **37**, 166, 1853.
[4] «Leçons de Chimie professées en 1860». Hachette, París. 1861.
[5] Cotton, A. *C.R. Acad. Sci., Paris*, **120**, 989, 1895; Kuhn, W. y Knopf, E. *Z. phys. chem.* B., **7**, 292, 1930.
[6] Karagunis, G. y Drikos, G. *Nature, Lond.*, **132**, 354, 1933.
[7] Tsuchida, R., Kobayashi, M. y Nakamura, A. *J. chem. Soc., Japan*, **56**, 1339, 1935.
[8] Velluz, L., Amiard, G. y Joly, R. *Bull. Soc. chim. Fr. Docum.*, **20**, 342, 1953.
[9] Pasteur, L. *C.R. Acad. Sci., Paris*, **58**, 1515, 1874.
[10] Mills, W. H. *Rep. Brit. Ass.*, 37, 1932.
[11] Havinga, E. *Chem. Weekbl.*, **38**, No. 46, 1941.
[12] Pope, W. J. y Peachey, S. J. *Proc. chem. Soc. Lond.*, **12**, 42, 116, 1900.
[13] Anderson, L. y Hill, D. W. *J. chem. Soc.*, 993, 1928.
[14] Darmois, E. *C.R. Acad. Sci., Paris*, **237**, 124, 1953.
[15] Ferreira, R. C. *Nature, Lond.*, **171**, 155, 1952.
[16] Cramer, F. *Angew. Chem.*, **64**, 136, 1952.
[17] Schlenk, W. *Experientia*, **8**, 337, 1952.
[18] Powell, H. M. *Nature, Lond.*, **170**, 155, 1952.
[19] Baker, W. y McOmie, J. F. W. *Chem. and Ind. (Rev.)*, 256, 1955; Powell, H. M. y Wetters, B. D. P. *Ibid.*, 256, 1955.

La mecánica y sus aplicaciones entre los musulmanes

H. J. J. WINTER

Tanto los árabes como los persas eran famosos por la originalidad y perfección de sus relojes, balanzas e instrumentos de medida, así como por la utilización, muy avanzada para su tiempo, de la energía eólica e hidráulica. Sin embargo, aún no se ha estudiado bastante la amplitud y profundidad que la mecánica teórica alcanzó en el Islam medieval y sobre la cual se basaban aquellos mecanismos. Dichas doctrinas eran fruto, por una parte, de la tradición del pensamiento griego, y, por otra, de la originalidad e inventiva de la ciencia musulmana.

De todos los escritores griegos cuyas obras sobre mecánica fueran vertidas al siríaco durante el período en que más se intensifican las traducciones y asimilaciones (*circa* 700–950 D.C.), los más respetados fueron Euclides, Arquímedes, Apolonio, Herón y Filón. La *Mecánica* de Herón de Alejandría, traducida hacia 860 por el cristiano nestoriano Qusta bin Lūqā, de Baalbek, y la *Neumática* de Filón de Bizancio, de traductor desconocido, originaron sinnúmero de escritos y gran variedad de aplicaciones prácticas. Así, los Banū Mūsā, tres hijos de Mūsā ibn Shākir, escribieron el *Libro de los Artificios* [1], en el que se describen cien instrumentos técnicos, en su mayor parte curiosidades tomadas de Filón, que pueden clasificarse como juguetes mecánicos, aunque otras invenciones derivadas de Herón tenían gran valor práctico. En el Islam del período inmediatamente siguiente, en el que se reconoce el valor de la ciencia y se realizan en ella notables progresos (*circa* 900–1100), hallamos aplicaciones de toda clase de mecanismos, tales como la palanca, la rueda y el eje, la polea, el plano inclinado, la rueda dentada, el tornillo sinfín, el sifón y la bomba, junto con el molino de agua y el molino de viento.

La llamada Edad de Oro de la ciencia islámica debe su florecimiento en gran parte a los persas. A principios del siglo X, la lengua del Irán había adquirido nueva importancia y sus escritores manifestaban gran espíritu de creación. Entre los que usaron con gran elocuencia este idioma, rico en imágenes, tenemos a Ibn Sīnā (980–1037), Al-Bīrūnī (973–1048) y 'Umar Khayyām (m. *c.* 1123), aunque sus obras científicas están escritas principalmente en una lengua mejor dotada para el razonamiento escueto y deductivo: el árabe. A este idioma debemos también el haberse conservado los clásicos de la ciencia griega.

En la esfera de la mecánica, Ibn Sīnā se distingue principalmente por sus postulados teóricos, ya que para él la mecánica representaba el nivel inferior de todo un gran esquema de filosofía especulativa. Dichos postulados son sobremanera ingeniosos y, a veces, exactos. Dice que «ningún cuerpo se pone en movimiento o cesa de moverse por sí mismo», lo que equivale a una clara enunciación del principio de la inercia, que «el tiempo no puede concebirse sin el movimiento», que «una fuerza sólo puede medirse por sus efectos», y, con referencia a toda máquina simple, que «lo que se gana en potencia se pierde en velocidad». Ibn Sīnā consideraba asimismo que los problemas de la estática eran, fundamentalmente, los de la dinámica, y pasaba de ahí a explicar los choques de los cuerpos desde el punto de vista de las fuerzas dinámicas que actúan dentro de ellos. Su teoría resultó errónea en un respecto: su doctrina sólo da cabida al concepto de la velocidad uniforme, como antes que él habían hecho Aristóteles y Al-Kindī. Al considerar el tiempo como un *continuum* e interpretarlo como «la cantidad de moción circular» de la esfera celeste, estas hipótesis básicas le impidieron considerar la posibilidad de la aceleración y de la fuerza centrífuga.

Al-Bīrūnī, profundo erudito y viajero experimentado, es famoso por su acertada determinación del peso específico de 18 piedras preciosas y minerales. Tabuló sus resultados cuidadosamente, siendo de notar que en Europa occidental no aparecieron tablas semejantes hasta los siglos XVII y XVIII. Al-Bīrūnī usaba un «instrumento cónico» — una especie de redoma, de cuyo cuello

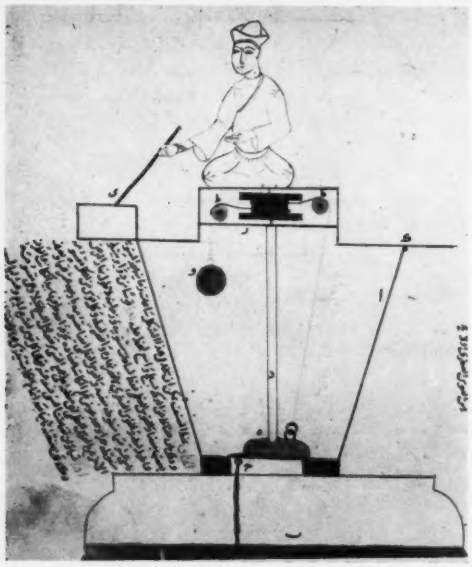


FIGURA 1 – *Ilustración de una clepsidra en el tratado de Al-Jazarī. (Del MS Graves 27, Bodleian Library, Oxford: por cortesía de su Bibliotecario.)*

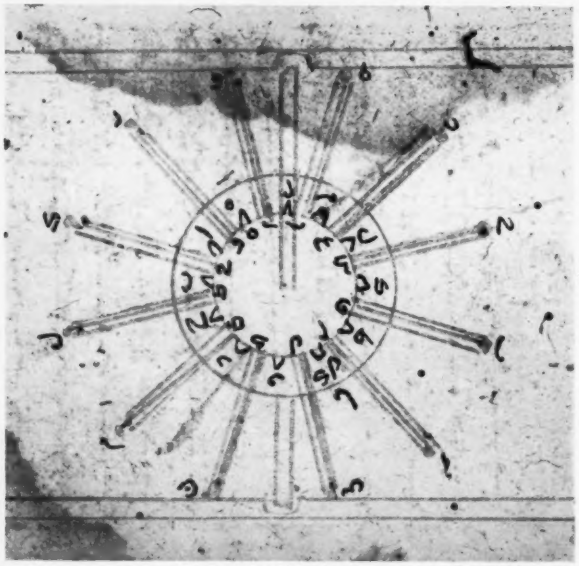


FIGURA 2 – *Diagrama de un molino de agua persa. (Del MS árabe 351, Rylands Library, Manchester: por cortesía de su Bibliotecario.)*

salía un pitorro — para determinar el volumen de los metales por desplazamiento.

'Umar Khayyām, mejor conocido como poeta, merece quizás mayor fama como autor del más bello tratado de álgebra de la Edad Media, y tiene asegurado un lugar en la historia de la balanza, entre Arquímedes, Menelao y Muhammad ibn Zakarīyā, de Ray, anteriores a él. Como la técnica de la balanza llegó a convertirse en un estudio especial en el Islam, lo mismo que el arco iris, nos referiremos más adelante a ella al describir los trabajos de Al-Khāzinī.

El filósofo Abū Nasr al-Fārābī [2] escribió un interesante ensayo sobre el vacío, que, hasta el descubrimiento de un manuscrito en la Universidad de Ankara, se daba por perdido. Dicho manuscrito se encuentra hoy en la Colección Ismail Sāip (Serie 1, N° 183). Aunque el autor refuta la existencia del vacío, lo hace únicamente con referencia a dos experimentos con recipientes que contenían aire y agua, siendo válida su refutación en ambos casos. Sin embargo, lo más notable de este ensayo es un análisis de los resultados experimentales basados en la elasticidad de aire.

Dos posteriores tratados islámicos sobre mecánica son notables: *El libro del conocimiento de los ingenios geométricos (mecánicos)* [3] por Al-Jazarī, y *El libro de la balanza de la sabiduría* [4] de Al-Khāzinī, de Merv. El primero es, con mucho, el menos original, pero contiene un útil resumen de los diversos aparatos de la época; su autor era, ante todo, un artífice con una técnica bastante más avanzada que la de Herón y Filón, y pudo hacer uso ventajosamente de los trabajos de sus predecesores islámicos. Completado en 1206 para el Sultán urtuqid Mahmūd, soberano de Amida (Al-Jazarī había estado al servicio de la dinastía desde 1181–82), este libro fué muy estimado por tres sultanes urtuqidas y traducido más tarde al persa y al turco. Es especialmente interesante por los complicados relojes de agua y sistemas de elevación hidráulica que describe, indicando un buen conocimiento de la acción de las paletas, ruedas dentadas y ejes rotatorios. Una clepsidra característica es aquélla en la que, cuando el recipiente esta lleno, el flotador está en la superficie y el peso en el fondo; al vaciarse el recipiente, el flotador se va hundiendo y el peso se levanta, haciendo girar un eje central, el cual mueve la figura de un escriba que con su vara señala sobre una esfera grabada el paso de las horas (Fig. 1).

En 1860 aparecieron en el *Journal* de la *American Oriental Society* las traducciones de dos obras notables: la del *Sūrya Siddhānta* hindú, vertido por Ebenezer Burgess, y el tratado de Al-Khāzinī antes mencionado, que ahora ponía al alcance de los estudiosos occidentales el Cónsul General de Rusia en Tabriz, N. Khanikoff. Tan importante ocasión ha sido quizás olvidada por la mayoría de

los historiadores de la ciencia, y nos parece conveniente recordarla aquí con motivo de la segunda de dichas publicaciones. *El libro de la balanza de la sabiduría* es uno de los grandes tratados de mecánica que, aunque trata principalmente de los problemas prácticos del peso exacto y de las determinaciones de pesos específicos, también estudia la gravitación, la flotación y la geodesia. Escrito en 1121–22 la obra dedica especial atención al peso específico de las aleaciones monetarias e incluye la calibración *ad hoc* del brazo de la balanza, refiriéndose asimismo a la solución de Arquímedes del problema de la corona de Hierón. La amplitud de tal estudio de la balanza puede deducirse de la cita siguiente del libro: «Modelos de balanzas elegantes y noveles, tales como la balanza para pesar dirhams y dinares sin usar contrapesos; la balanza para nivelar la tierra según el plano del horizonte; la balanza llamada «equilibrada» que pesa desde un grano hasta mil dinares por medio de tres contrapesos de granada; la balanza de las horas, que nos hace saber el paso de las horas seculares, bien sea de día o de noche, y sus fracciones en minutos y segundos y la exacta correspondencia con las estrellas ascendentes en grados y fracciones de grado». La balanza de las horas consistía esencialmente en una larga palanca con un recipiente de agua que se vaciaba cada 24 horas en uno de sus brazos mientras que por el otro se deslizaba un peso, que actuaba como contrapeso moviéndose sobre las calibraciones del brazo de la palanca. Se acostumbraba a calibrar el brazo derecho con filetes de plata a las distancias apropiadas para señalar las unidades que correspondiesen al uso del instrumento: de tiempo, de peso específico, etc. Los árabes conocían perfectamente — y lo aplicaban a sus trabajos topográficos y arquitectónicos — el paralelismo entre el astil de la balanza y el plano del horizonte cuando aquélla se encuentra en perfecto equilibrio.

Otra cita de Al-Khāzinī servirá para darnos idea del extraordinario esmero con que llevaba a cabo sus determinaciones de los pesos específicos: «Hemos realizado todas nuestras comparaciones en un solo rincón de la Tierra, en Jurjānīyah (una ciudad), de Khuwārazm, donde el río Balkh se amansa para entrar en el pequeño mar de Khuwārazm; allí el agua es bien conocida y de buena calidad, y todas nuestras operaciones han sido realizadas en la estación otoñal del año.»[1] No sólo comprendía Al-Khāzinī la necesidad de eliminar, hasta el máximo posible, las impurezas y variaciones de temperatura sino que además clasificó la balanza, con el astrolabio, como un instrumento de precisión que exigía esmerada construcción y grandes cuidados, ya que una buena balanza podía revelar una diferencia de un mithqāl en mil. Propuso que el astil tuviese una longitud de 4 cúbitos de bazar (2 metros), «pues la longitud influye sobre la sensibilidad del instrumento», y el fiel sólo un cúbito. El uso de una escala y un fiel fué sugerido probablemente por vez primera por Muhammad ibn Zakarīyā, de Ray, pero hacia la época de Al-Khāzinī se usaban cinco delgados platillos semiesféricos, hechos de bronce, dos permanentes, dos adicionales y uno movible a lo largo del brazo derecho, los cuales tenían por función servir para el peso de los líquidos, etc. que exigían las diversas determinaciones. Las aplicaciones comerciales se referían principalmente al peso específico de las aleaciones y gemas. En la tabla siguiente se indican algunos resultados obtenidos por Al-Khāzinī, expresados en valores modernos, que, sin intentar un análisis crítico de su exactitud, sirven para indicar cuán cerca se encontraban de los obtenidos en la actualidad:

Oro ..	.. 19,05 (fundido)	Perla fina	.. 2,60
		Marfil ..	.. 1,64
Mercurio	.. 13,56	Agua dulce	.. 1
Latón ..	.. 8,57	Agua (hirviendo)	0,958
Esmeralda	.. 2,75	Aceite de oliva ..	0,920

Al-Khāzinī conocía también el areómetro de Pappus en una forma perfeccionada. Consistía de un tubo de cobre uniforme, cargado en un extremo con un cono hueco de estaño, y con dos extremos que «semejaban dos tambores de parche livianos»; flotaba verticalmente en los líquidos y estaba calibrado tanto para la determinación del peso específico como para la del volumen desplazado.

Finalmente examinemos las doctrinas de Al-Khāzinī sobre la gravitación. Sus nociones, aunque continuaban la tradición de Arquímedes, Euclides y Menelao, muestran un notable progreso en relación con la época y, a pesar de los indudables errores que contienen, no pueden menos de maravillarnos por la perspicacia de su autor. Así, «la pesantez es la fuerza que impele a un cuerpo pesado hacia el centro del mundo», y «cuerpo pesado es aquel que está movido por una fuerza inherente, de manera constante, hacia el centro del mundo» [Lectura 1, Cap. 1, Sec. 1]. Y más adelante: «En todo cuerpo pesado, el punto

[1] Khanikoff identificó dicho lugar con el emplazamiento de Kuna-Urghenj. Parece que en siglo XII, el Oxus desembocaba en Mar de Aral y no en el Caspio.

que coincide con el centro del mundo, cuando el cuerpo se halla en reposo en dicho centro, se llama el centro de gravedad de ese cuerpo» [Lectura I, Cap. I, Sec. 4]. Por otra parte, la hipótesis aristotélica de la moción continúa viva: «Son cuerpos iguales en gravedad aquellos que, al moverse en un líquido partiendo de un mismo punto, se mueven de manera igual; quiero decir que cubren igual espacio en igual tiempo» [Lectura I, Cap. I, Sec. 4]. En otro lugar: «el peso de cualquier cuerpo pesado, de peso conocido a una distancia dada del centro del mundo, varía de acuerdo a la variación de dicha distancia; así que siempre que se aleje del centro se hace más pesado, y más liviano si se acerca a aquél . . .» [Lectura I, Cap. V, Sec. 3]. Las dos últimas afirmaciones sirven para recordarnos que aún no hemos entrado en el ámbito de la ciencia moderna, ya que, en la última declaración, lo que quiere decir Al-Khāzinī es que, al enrarecerse la atmósfera, se reduce el impulso ascendente del aire desplazado. En realidad, Al-Khāzinī presumía que el aire pesa, pero nunca intentó medir dicha pesantez.

Los árabes explotaron ampliamente las fuentes naturales de energía, construyendo molinos de viento y de agua (Fig. 2) allí donde el clima y las condiciones geográficas lo permitían [5]. Así encontramos en Mustaufī: «10 leguas al norte de esta ciudad (Nishapur) hay una montaña por la que baja un río que hace girar varios molinos a gran velocidad», y Marrākeshī afirma que «hay en la ciudad (Marrakesh) y al pie de las murallas que la rodean unos 300 molinos de agua». En las tierras de Sijistān (Afganistán), donde los vientos soplan sin cesar, arrastrando grandes nubes de arena, los árabes se dieron cuenta de la tremenda energía natural que encerraban y le dieron uso adecuado. Al-Mas'ūdī (*c.* 947) [6] se refiere a la utilidad del molino de viento, como también hizo Al-Istakhrī algo más tarde; y Al-Dimashqī nos da, en el siglo XIII, una descripción completa: «Los habitantes usan el viento para mover los molinos y transportar la arena de un lugar a otro. Construyen un alto edificio, como un minarete, o utilizan la altura de una montaña o cualquier prominencia semejante, o una torre de un castillo, y sobre ella construyen su edificio. En éste hay un molino que gira y muele, mientras que debajo hay una rueda dentada que gira por la acción del viento. La rueda gira abajo e impulsa el molino arriba. Así, cuando sopla el viento, cada molino gira, pues sólo usa una piedra de moler . . .». Los molinos de viento también se utilizaban para elevar el agua para el riego de los jardines. Los molinos de agua aparecen mencionados en Vitruvio (Libro X, Cap. 10) y fueron quizás invención de la época de Augusto; pero parece probable que el molino de viento fué una aplicación islámica de fecha posterior. Evidentemente, Al-Mas'ūdī lo cita como si su uso fuera común en Afganistán, donde la fuerza y frecuencia de los vientos parecen haber sugerido su utilización.

REFERENCIAS

[1] HAUSER, F. «Das Kitāb al-hiyal», *Abh. Gesch. Naturw. Med.*, 1922.

[2] LUGAL, N. y SAYILI, A. «Farabi's article on vacuum». Ankara. 1951.

[3] COOMARASWAMY, A. C. «The treatise of Al-Jazarī on Automata», Boston. 1924.

[4] KHANIKOFF, N. *J. Amer. Orient. Soc.*, **6**, 1, 1860.

[5] WIEDEMANN, E. «Zur Mechanik u. Technik bei den Arabern». *S.B. phys.-med. Soz. Erlangen*, **38**, 1, 1906. *Idem.* «Zur Technik bei den Arabern». *Ibid.*, **38**, 307, 1906.

[6] DE MEYNARD, BARBIER C. y DE COURTEILLE, PAVET. «Les Prairies d'Or», II, 80. (Société Asiatique, 9 vols.), París. 1861–77.

La vitamina B_{12}

A. W. JOHNSON y SIR ALEXANDER TODD

El éxito del aislamiento e identificación del factor antianemia perniciosa, la vitamina B_{12}, ha sido el resultado del esfuerzo combinado de biólogos, químicos y cristalógrafos. Empezando en 1926 con el reconocimiento del valor terapéutico del hígado, describimos aquí los rasgos principales de la historia de la vitamina B_{12} hasta el anuncio de su estructura total en 1955. Esta estructura indica con firmeza la afinidad de la vitamina con el hema, clorofila y otros derivados naturales porfínicos.

Un importante escrito publicado en 1926 [1] estableció que el hígado integral era eficaz en el tratamiento dietético de la anemia perniciosa. Desde entonces, muchos grupos de químicos y bioquímicos sometieron extractos de hígado a fraccionamiento químico con el propósito de aislar el principio activo, pero hasta el año 1948 [3, 5, 6] no lograron aislar el factor puro antianemia perniciosa (APA) conocido ahora como Vitamina B_{12}. Un resumen de los primeros trabajos [2] que lanzaron al mercado varias preparaciones comerciales de hígado concentrado, muestra la diversidad de puntos de vista sostenidos en épocas distintas acerca de la naturaleza del factor APA. Hasta 1945, período cubierto por dicho estudio, la cantidad de sustancia que necesitaba diariamente un paciente afectado por la enfermedad decreció desde 400 gramos a menos de un milígramo, a medida que las concentraciones mejoraban en calidad; los autores afirmaron que era razonable esperar el aislamiento e identificación de la sustancia activa. Entre los primeros investigadores, hubo muchos que sostenían que el factor era una proteína o un polipéptido aunque posteriormente algunos sostuvieron la opinión de que podría ser un compuesto relacionado con las pterinas, grupo de sustancias cuya presencia se ha comprobado en las alas de una variedad de insectos.

Probablemente la razón principal de haber transcurrido tanto tiempo hasta que al fin se consiguiera el aislamiento del factor, fué la carencia de un método rápido y seguro de bioensayo; no se ha descubierto un ensayo animal de resultados paralelos a los obtenidos en los estudios clínicos en el hombre. Tanto es así que, en su proceso final de aislamiento, los investigadores británicos [3] utilizaron casi exclusivamente el ensayo clínico para probar los concentrados. Sin embargo, el grupo americano, teniendo en cuenta una importante observación [4] de que el factor APA del hígado es sumamente activo como factor de crecimiento del organismo *Lactobacillus lactis* Dorner, pudo desarrollar un método microbiológico de ensayo. Para los ensayos, se emplean en la actualidad los métodos microbiológicos casi universalmente, si bien se recomiendan ahora otros microrganismos, tales como el *L. leichmannii* 4797 o 313. Finalmente, una vez aislado como un sólido cristalino rojo fuerte, y comprobada su actividad en el tratamiento clínico de la anemia perniciosa, se obtuvieron reacciones positivas con una dosificación diaria con la vitamina de 0,5–5 microgramos. La vitamina B_{12} es pues uno de los más potentes compuestos fisiológicamente activos. Como ha acontecido en el caso de otras vitaminas, pronto se averiguó que, además de la vitamina B_{12} aislada del hígado, existía un buen número de sustancias muy íntimamente relacionadas que poseen variados grados de actividad. En realidad, es pues razonable de pensar que la vitamina B_{12} es múltiple en carácter, punto sobre el que volveremos más tarde. Las dificultades para aislar del hígado la vitamina han conducido a investigar la posibilidad de otras procedencias, y pronto resultó [7] que podía aislarse de caldos de cultivo de *Streptomyces griseus*, estirpe empleada para la preparación de la estreptomicina. Trabajos posteriores demostraron que se hallaban presentes algunos compuestos del grupo vitamina B_{12} como residuos de líquidos de desecho de la producción de otros antibióticos, tales como la neomicina y cloromicetina; pero hoy en día es más corriente emplear una fermentación especial para la producción de la vitamina: se ha recomendado como organismos particularmente aptos para este objeto el *Bacillus megatherium* y el *S. olivaceus*. La noción de que la vitamina tiene normalmente un origen microbiológico ha recibido nuevo apoyo al descubrirse cantidades apreciables de la misma y de compuestos relacionados con ella en el lodo del alcantarillado, el

cual ha llegado a considerarse como posible primera materia para la producción comercial de la vitamina B_{12}, si bien la separación de las sustancias afines puede resultar lenta y costosa. Las algas son asimismo ricas en vitamina, aunque también se ha comprobado que la sintetizan los microrganismos y que las algas meramente la concentran. Extraer la vitamina B_{12} de estas variadas fuentes, donde se encuentra en concentraciones extremadamente bajas es un proceso de etapas múltiples que exige la extracción del solvente, la adsorción y el empleo de la cromatografía. El uso general de solventes como el fenol y el alcohol benzílico es rasgo digno de mención de los métodos de aislamiento en grande escala.

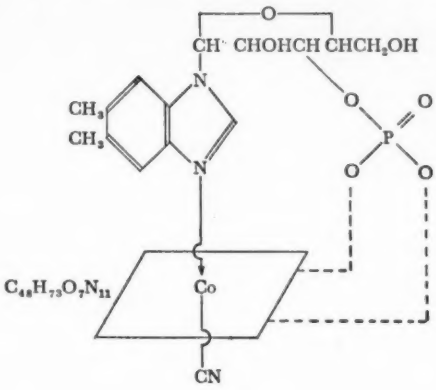
Gran parte de las investigaciones se han llevado a efecto para determinar las funciones biológicas de la vitamina B_{12}, y, aun cuando queda mucho por hacer, varios problemas bioquímicos en apariencia sin relación alguna, han convergido ya en este nuevo miembro del grupo vitamínico B. Uno de estos problemas se refiere al llamado factor proteínico animal. Desde hace tiempo se sabe que la proteína animal contiene un factor de crecimiento que no está presente en la proteína vegetal, pero el problema se agudizó durante la guerra última cuando la escasez de proteína animal originó la introducción de una gran proporción de harina de soya en la alimentación de la volatería. Se comprobó la presencia del factor desconocido en el estiércol de vaca y también en los excrementos de las aves de corral después, pero no antes, de la incubación, dando a entender con ello que el factor se formaba gracias a la intervención de microrganismos. Los investigadores americanos [8] fueron los primeros en demostrar que el factor APA del hígado era el principal componente de la proteína animal, cuando produjeron concentrados con cultivos bacteriales obtenidos de excrementos de aves de corral, activos en ambos sentidos. Las propiedades promotoras de crecimiento de la vitamina B_{12} cristalina en ratas y polluelos fueron originariamente descritas en 1948, pero desde entonces se ha comprobado que se precisa menos vitamina B_{12} estando presentes ciertos antibióticos, *v.g.*: la aureomicina y la penicilina. Los concentrados de vitamina B_{12} son, al presente, de empleo muy general como complementos alimenticios para los cerdos y aves de corral, precisándose solamente pocos milígramos por tonelada de productos alimenticios. Aun cuando deberían tratarse con reserva muchas de las pretendidas virtudes de ciertas aplicaciones terapéuticas de la vitamina, se han confirmado plenamente los éxitos iniciales en el tratamiento de la anemia perniciosa. Interesante consecuencia de un aspecto de este trabajo ha sido la dilucidación de la reacción de la vitamina B_{12} con los factores antianémicos descritos por Castle [9], quien demostró la existencia de una sustancia termoestable, el factor extrínseco, en ciertos alimentos; dicha sustancia produce reacción en los enfermos de anemia perniciosa sólo cuando se administra con jugo gástrico normal; se ha afirmado que este último contiene el factor intrínseco. Se sabe ahora que el factor extrínseco es idéntico a la vitamina B_{12} y que el factor intrínseco es una proteína que recientemente se ha asegurado [10] haber sido preparada en forma muy concentrada. No existen pruebas de reacción química entre la vitamina B_{12} y el factor intrínseco, que parece diferir de las llamadas proteínas ligadoras de B_{12} que a su vez han sido también purificadas. Aparte de sus funciones antianémica y nutritiva, la vitamina B_{12} representa un papel importante en la reducción de los grupos disulfuro y en la biosíntesis de los grupos inestables de metilo, *v.g.* en la biosíntesis de la metionina procedente de la homocistina, y la colina de la glicina; con toda probabilidad no interviene directamente en la transmetilación.

La vitamina B_{12} cristaliza de acetona acuosa o de agua caliente en hermosos cristales hidratados, rojo oscuros, con la formidable fórmula molecular $C_{63}H_{90}O_{14}N_{14}PCo$. Rasgo único de la molécula es contener un átomo de cobalto, que, según las mediciones magnéticas, está en estado trivalente; no se han encontrado en la naturaleza compuestos orgánicos que contengan cobalto, aparte de los miembros del grupo B_{12}. La vitamina aislada es una base débil y sus espectros característicos de absorción ultravioleta y visible no quedan afectados grandemente por los cambios en *p*H. Muy pronto después de aislada la vitamina B_{12} se patentizó que existían varias sustancias muy afines, con actividad biológica parecida, y su interrelación se puso de manifiesto al encontrarse que la vitamina B_{12} contenía un grupo cianuro adherido directamente al átomo de cobalto. Se descubrió el grupo cianuro por su comportamiento químico y físico, siendo posible sustituirlo sin dificultad por una variedad de otros grupos. Por ejemplo, la sustitución del cianuro por oxhidrilo produce la vitamina B_{12a} o B_{12b}; con la sustitución por el nitrito se consigue la vitamina B_{12c}. Estos compuestos pueden transformarse de nuevo en vitamina B_{12} mediante el tratamiento con iones cianuro. Con objeto de simplificar la nomenclatura,

la vitamina B_{12} se llama, oficialmente, cianocobalamina; la B_{12a} es la hidroxicobalamina; la B_{12c} es la nitritocobalamina; se han descrito además otros miembros del grupo; se pueden distinguir por su comportamiento cromatográfico y por sus coeficientes de partición en varias mezclas de disolución.

Un mayor conocimiento de la estructura química de la vitamina nos lo proporcionan los estudios de su hidrólisis ácida. Esta etapa de trabajo se llevó a cabo con cantidades muy limitadas de material, haciéndose considerable uso de la cromatografía sobre papel para el examen de microcantidades de los productos de reacción. Al calentar a 150° la vitamina con ácido clorhídrico concentrado durante varias horas se produjeron, a más de amoníaco (de cinco a seis moléculas por molécula de vitamina) y ácido fosfórico, una resina roja que contiene cobalto y otros dos productos más. El primero es una base, que da una coloración azul con ninhidrina, y que finalmente se comprobó ser Dg-1-amino-2-propanol (una molécula por molécula de vitamina). El otro compuesto, una base también, fué descubierto por su fluorescencia a la luz ultravioleta, demostrándose que era 5:6-dimetilbenzimidazol. Una hidrólisis menos fuerte de la vitamina dió dos N-sustituídos 5:6-dimetilbenzimidazoles, llamados respectivamente componentes α y β. Nueva hidrólisis del componente α dió primeramente el compuesto β y luego el 5:6-dimetilbenzimidazol mismo. Estos tres productos de degradación han sido aislados, determinándose y confirmándose por síntesis sus estructuras. El compuesto β es el N-α-D-ribofuranosida de 5:6-dimetilbenzimidazol y el componente α es el correspondiente 3′-fosfato, de manera que los componentes α y β pueden considerarse como análogos benzimidazólicos de los nucleótidos y nucleósidos de la purina. Sin embargo, es de interés señalar que estos glicósidos de benzimidazol tienen la configuración α, mientras que los nucleósidos naturales de la purina son uniformemente glicósidos β.

La adición de un exceso de cianuro a la vitamina B_{12} origina la formación de un complejo purpúreo que contiene dos grupos cianuro; un examen cuidadoso del espectro de absorción ultravioleta de este compuesto indica que en la vitamina progenitora el segundo nitrógeno del sistema de anillo benzimidazólico está unido al átomo de cobalto por un eslabón coordenado. Las pruebas presentadas hasta hoy, que acumularon Folkers y colaboradores, Todd, Johnson y sus colaboradores, Petrow y su grupo, y Holiday, condujeron a la estructura parcial (1) de la vitamina.



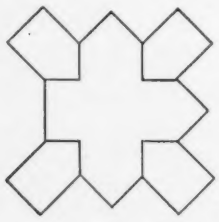
I

Las investigaciones sobre otras procedencias microbiológicas de la vitamina B_{12} llevaron al descubrimiento de un segundo grupo de compuestos afines, aislados en líquidos de fermentación, lodo de cloacas, etc., que difieren de la vitamina B_{12} en que no contienen 5:6-dimetilbenzimidazol como compuesto básico del nucleótido. Se han descrito los miembros naturales del grupo B_{12} cuyo 5:6-dimetilbenzimidazol ha sido reemplazado por adenina, 2-metiladenina, y 2-metilhipoxantina, introduciéndose dentro de la molécula otras bases por medio de síntesis microbiológica en presencia de precursores apropiados. En general, estos compuestos tienen baja actividad animal y una actividad variable como factores de crecimiento de microrganismos. Además del nucleótido, el resto de la molécula de vitamina B_{12}, el llamado factor B, es común a todos los compuestos, habiéndose en efecto aislado dicho factor B en los líquidos de fermentación, el estiércol de ternera, y en los productos de hidrólisis corta de la vitamina B_{12} con ácidos calientes.

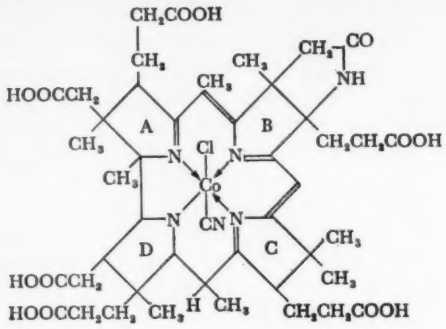
Se sabe que el amoníaco liberado durante la hidrólisis de la vitamina procede de amidas primarias, y se han presentado pruebas químicas para demostrar que existen de cierto cuatro grupos de amidas primarias en la vitamina B_{12}, y probablemente seis. Además, el aminopropanol está ligado, a modo de una amida, por medio del átomo de nitrógeno, de manera que se hallan potencialmente presentes siete grupos carboxilo en la porción central de la molécula que contiene el cobalto. En realidad, el producto resinoso de color rojo, obtenido al hidrolisar la vitamina es una mezcla acídica cuya complejidad no fué justipreciada hasta que se aplicó la técnica de electroforesis sobre papel [11]. Se reconocieron

dos series de ácidos, una que carece de nucleótido y contiene, en cambio, de uno a siete grupos carboxilo (*i.e.* derivados del Factor B), y otra que conserva el nucleótido y posee de uno a seis grupos carboxilo. El gran número de isómeros posibles originó nuevas complicaciones; por ejemplo, se aislaron en sustancia tres ácidos monocarboxílicos que contenían el nucleótido combinado. Se aislaron también varios ácidos di- y tricarboxílicos de esta serie; cada uno podía ser convertido de nuevo en vitamina B_{12} reconstruyendo las amidas a partir de los ácidos por métodos normales. Sin embargo, para realizar nuevas investigaciones estructurales era conveniente preparar en estado puro cristalino uno de los ácidos desprovistos de nucleótido. Para este objeto se escogió una mezcla de ácidos penta- y hexacarboxílicos, obtenidos por hidrólisis de la vitamina con una solución acuosa (30%) de hidróxido de sodio a 150°. Se consiguió la separación de estos ácidos en escala relativamente grande mediante la aplicación de la cromatografía de cambio de aniones, induciendo finalmente a cristalizar [12] un ácido hexacarboxílico puro, obtenido como su monocloruro y monocianuro. Este fué el primer producto de degradación cristalina sin contener el nucleótido combinado preparado a base de la vitamina B_{12}. Su fórmula molecular era $C_{46}H_{60}O_{13}N_6CoCl.2H_2O$, y poseía un espectro visible muy parecido al de la vitamina progenitora, indicando que el cromóforo no había experimentado ningún cambio notable. Un examen cristalográfico del ácido cristalino permitió la construcción del diseño general del núcleo (II) que circunda el átomo de cobalto [13]. El diseño es idéntico al ya encontrado en la molécula de la vitamina B_{12}, y con ello se consiguió la bien acogida confirmación de este sistema original de anillo macrocíclico que, si bien recuerda el encontrado en las porfirinas naturales, difiere de éste de modo sorprendente en que dos de los cuatro anillos presentes están unidos directamente y no por un átomo de carbono intermediario.

Poco después, las posiciones relativas de todos los átomos, con exclusión de la del hidrógeno,



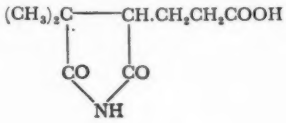
II



III

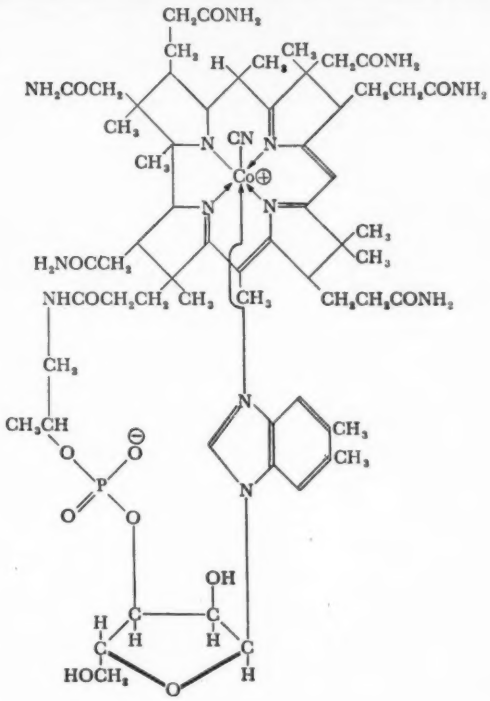
fueron deducidas gracias a un brillante trabajo radiográfico; y, teniendo en cuenta las propiedades químicas conocidas del compuesto, se dedujo [14] la estructura (III). De los seis grupos acídicos, cuatro se hallaban presentes como residuos del ácido propiónico y los otros dos como residuos del acético, todos ellos ligados a las posiciones β de los anillos de cinco miembros. El anillo adicional de cinco miembros fundido al anillo B del núcleo central se le clasificó como un lactam a causa de su estabilidad a los álcalis. Las ocho cadenas laterales de átomo único se clasificaron como grupos metilo, de conformidad con el análisis químico, suponiendo que parte del oxígeno presente en el material cristalino era agua de cristalización, como se encontró en la estructura del cristal. La disposición del doble enlace, formulada gracias a las pruebas radiográficas y químicas, es aún hipotética y sujeta a ligera revisión. Las pruebas químicas independientes en pro de la estructura del anillo C, según aparece formulada en (III) resultaron del aislamiento de la succinimida (IV) en los productos de oxidación de un hidrolisato impuro de vitamina B_{12} [15]; más tarde se confirmó la producción del mismo compuesto, partiendo del ácido hexacarboxílico puro. Una vez establecida la estructura (III), fueron más fáciles de interpretar los diseños de densidad electrónica de los cristales de la misma vitamina B_{12}. Se desprende de estos diseños que la vitamina no contiene un anillo de lactam de cinco miembros fundido al anillo B, sino que este anillo lleva en una posición β un metilo y un residuo de acetamida y en la otra un residuo de propionamida. Además, el cianuro de la vitamina va unido al lado del átomo de cobalto opuesto al del grupo cianuro en el ácido hexacarboxílico. El aminopropanol está ligado a la cadena lateral de ácido propiónico del anillo D y el fosfato está sustituído

únicamente por el nucleósido y el aminopropanol como ya se dedujo de la estabilidad del eslabonamiento de fosfato. Por consiguiente, la molécula se formuló como un ion híbrido, estando equilibrada la carga negativa del ácido fosfórico por una carga positiva neta en el átomo de cobalto. Es posible deducir con estos hechos adicionales la estructura completa (v) de la vitamina B_{12}, aun cuando está todavía en duda la localización precisa del sistema de doble enlace, determinado principalmente a base del comportamiento de la vitamina en experimentos de cloruración. Son indispensables más trabajos para dilucidar este punto, que, sin embargo, no afecta a la estructura general.



IV

Podría parecer más que coincidencia que la distribución de cadenas laterales de los ácidos propiónico y acético en (v) corresponda a la de la uroporfirina III, cuyo esquema biogenético se ha demostrado [16]. Se ha sugerido [14] una modificación de dicho esquema que podría dar lugar al núcleo de la vitamina B_{12}, y que sugiere al propio tiempo métodos mediante los cuales podrían formularse vías de acceso sintéticas a esta molécula compleja. Vista a la luz de esta sugerencia queda algo simplificada la complejidad extraordinaria de



V

la molécula de vitamina B_{12}, puesto que cabe considerarla como un caso de parentesco no demasiado lejano de los derivados de la porfirina natural como el hema y la clorofila, que se encuentran extensamente distribuídos en la naturaleza.

REFERENCIAS

[1] Minot, G. R. y Murphy, W. P. *J. Amer. med. Ass.*, **87**, 470, 1926.

[2] Subba Row, Y., Hastings, A. B., y Elkin, M. *Vitam. and Horm.*, **3**, 237, 1945.

[3] Fantes, K. H., Page, J. E., Parker, L. J. F., y Lester Smith, E. *Proc. roy. Soc.* B., **136**, 592, 1950.

[4] Shorb, M. S. *J. biol. Chem.*, **169**, 455, 1947; **176**, 1463, 1948.

[5] Lester Smith, E. *Nature, Lond.*, **161**, 638, 1948; **162**, 144, 1948.

[6] Rickes, E. L., Brink, N. S., Koniuszy, F. R., Wood, T. R., y Folkers, K. *Science*, **107**, 396, 1948; **108**, 134, 1948.

[7] *Idem. Ibid.*, **108**, 634, 1948.

[8] Stokstad, E. L. R., Page, A., Pierce, J., Franklin, A. L., Jukes, T. H., Heinle, R. W., Epstein, M., y Welch, A. D. *J. Lab. clin. Med.*, **33**, 860, 1948.

[9] Castle, W. B., Rose, J. B., Davidson, C. S., Burchenal, J. H., Fox, H. J., y Ham, T. H. *Science*, **100**, 81, 1944.

[10] Latner, A. L. *Biochem. J.*, **59**, xxviii, 1955.

[11] Armitage, J. B., Cannon, J. R., Johnson, A. W., Parker, L. J. F., Lester Smith, E., Stafford, W. H., y Todd, A. R. *J. chem. Soc.*, 3849, 1953.

[12] Cannon, J. R., Johnson, A. W., y Todd, A. R. *Nature, Lond.*, **174**, 1168, 1954.

[13] Brink, C., Hodgkin, D. C., Lindsey, J., Pickworth, J., Robertson, J. H., y White, J. G. *Ibid.*, **174**, 1169, 1954.

[14] Hodgkin, D. C., Pickworth, J., Robertson, J. H., Trueblood, K. N., Prosen, R. J., y White, J. G. *Ibid.*, **176**, 325, 1955; Bonnett, R., Cannon, J. R., Johnson, A. W., Sutherland, I. R., Todd, A. R., y Lester Smith, E. *Ibid.*, **176**, 328, 1955.

[15] Kuehl, F. A., Shunk, C. H., y Folkers, K. *J. Amer. chem. Soc.*, **77**, 251, 1955.

[16] Rimington, C. *Endeavour*, **14**, 126, 1955.

Ondas de choque en el aire

E. W. E. ROGERS

Las ondas de choque que se desarrollan cuando los gases se mueven a velocidades superiores a la del sonido, han adquirido últimamente gran importancia con relación a la aviación y han sido estudiadas de manera intensa, experimental y teóricamente. Están también relacionadas con otras cuestiones; así ofrecen un medio para estudiar el comportamiento de los gases a temperaturas que de otra manera no son asequibles en el laboratorio.

La grande e imprevista resistencia del aire al paso de un cuerpo que se mueve con velocidad mayor que el sonido parece haber sido observada primeramente durante ciertos experimentos de balística realizados con proyectiles esféricos en 1742. Sin embargo, cerca de 150 años transcurrieron antes de que se comprobara que ese aumento de la resistencia era debido a la formación de intensas ondas de compresión en el aire próximo al objeto. El estudio científico de esas ondas de compresión (denominadas ahora ondas de choque) ha experimentado tal progreso durante el presente siglo que cuando el primer vuelo controlado a velocidad supersónica, en un avión pilotado, tuvo lugar en 1947, el comportamiento del avión corroboró lo que habían predicho las pruebas de laboratorio.

Las ondas de choque son características del movimiento de un gas a velocidades supersónicas y no pueden producirse a velocidades inferiores. Dado que una onda sonora puede ser considerada como una onda de choque infinitamente débil, la velocidad del sonido es un patrón conveniente con el cual comparar la velocidad de una onda de choque. En la simple teoría de la propagación de una onda sonora, se admite que los cambios que se producen en la densidad del aire y en la presión son muy pequeños y que la forma de la onda no se altera en el tiempo. Sin embargo, cuando la amplitud de la perturbación de la presión no es pequeña, la onda puede cambiar de forma a medida que progresa la perturbación [1], ya que la región de alta presión de la onda se mueve a mayor velocidad que la de presión más baja. Finalmente la región de baja presión es sobrepasada y la elevación de presión tiene lugar en forma casi discontinua: la perturbación se ha convertido en una onda de choque (Fig. 1).

La onda de choque avanza en el aire no perturbado a velocidad superior a la de la onda sonora, pero a causa del aumento de temperatura que acompaña a la elevación de presión, la velocidad del choque con respecto al aire que queda detrás es inferior a la velocidad del sonido en esta región. El tipo opuesto de onda, en la cual la presión decrece por un frente de gran declive, no puede formarse nunca; tal onda sería inestable y cambiaría rápidamente de forma.

La posible discontinuidad de presión en el movimiento ondulatorio fué primeramente considerada por Stokes en 1848, y posteriores investigaciones vinieron a aumentar nuestros conocimientos de lo que se consideraba un fenómeno interesante, aunque sólo de importancia teórica. Sin embargo, hacia 1910, cuando el tema fué ampliamente estudiado por Rayleigh [2], el conocimiento de la producción de ondas de choque por proyectiles de alta velocidad y por explosiones quedó firmemente establecido, progresando en años posteriores la investigación a medida que se hacía evidente la importancia de las ondas de choque en los estudios de la aerodinámica de la aviación, los proyectiles, la maquinaria de rotación y en los problemas termodinámicos de la detonación y la combustión.

Las ondas de choque se comportan de forma diferente que otros tipos de onda, tales como las ondas sonoras y electromagnéticas. Por ejemplo, los excesos de presión causados por la interferencia de ondas sonoras son aditivos; la inter-acción y reflexión de las ondas de choque, por otra parte, pueden conducir a muy altos aumentos de presión [3]. Esta diferencia en el comportamiento es debida a la forma no lineal de la ecuación diferencial que rige la formación y propagación de las

FIGURA 1 – *Formación de una discontinuidad de presión en una onda de presión de gran amplitud que se propaga en un gas perfecto.*

ondas de choque, forma que hace bastante complejo el análisis matemático.

Para los casos prácticos en los que intervienen las ondas de choque es por lo general suficiente considerarlas como simples discontinuidades en las características de un flúido ideal. En un flúido real, tal como el aire, el aumento del gradiente de presión al progresar la onda (Fig. 1) es amortiguado por la acción difusiva de la viscosidad y conducción calorífica, y, como resultado, el gradiente en la onda de compresión totalmente desarrollada permanece finito, aunque grande. La onda de choque tiene entonces un espesor y estructura definidos, lo cual ha sido estudiado intensamente desde el punto de vista de la teoría cinética de los gases y del de un flúido continuo.

ONDAS DE CHOQUE EN CORRIENTES DE AIRE UNIFORMES

A un observador que se mueva con la onda de choque le parece que el aire se aproxima a la onda a velocidad supersónica y retrocede de ella con una velocidad menor que la del sonido en la región posterior de la onda. Una onda de choque que esté inclinada con respecto a una corriente supersónica de aire que se aproxima, se comporta de la misma manera respecto a la velocidad componente normal al frente de onda, pero la velocidad componente a lo largo del frente queda inalterada. Así, una onda de choque inclinada reduce en cierta proporción la velocidad resultante de la corriente (en general dejándola todavía supersónica) y además hace girar bruscamente el flujo según un ángulo. Así, la deflexión rápida de una corriente supersónica por una superficie límite sólida está acompañada en regiones aparte de dicho límite por una onda de choque de inclinación y fuerza apropiadas (Fig. 2). Una corriente subsónica que se aproxime al ángulo cambiaría gradualmente de dirección sin ninguna de las rápidas alteraciones de dirección y velocidad características de las corrientes supersónicas.

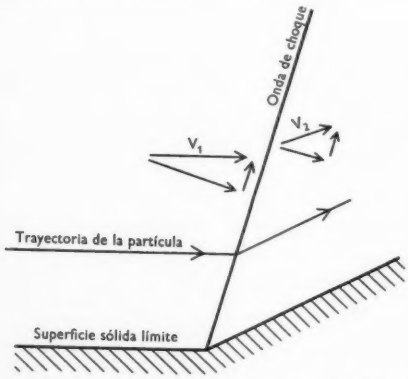


FIGURA 2 – *Deflexión del flujo por una onda de choque.*

Puesto que las ondas producidas por el vuelo de cuerpos a gran velocidad son de importancia práctica considerable, es interesante ver cómo se producen. Conviene considerar al cuerpo estacionario en una corriente de aire en movimiento, el cual es acelerado y retardado en la proximidad del cuerpo debido a la perturbación que el cuerpo produce en esa corriente. A un valor subsónico dado de la rapidez de la corriente, la velocidad del sonido será alcanzada en algun punto sobre la superficie del modelo; todo aumento ulterior en la velocidad de la corriente produce una región local de corriente supersónica adyacente al modelo. Mientras el aire puede ser acelerado gradual y lentamente hasta velocidades supersónicas por las superficies curvas del cuerpo, el subsiguiente retardo a condiciones subsónicas es inherentemente inestable y se produce mediante una onda normal de choque; esta onda marca, pues, el extremo posterior de una corriente supersónica local incrustado en la corriente subsónica.

A medida que la rapidez de la corriente se acerca a la velocidad del sonido, la onda normal de choque retrocede a la parte posterior del cuerpo, y cuando la velocidad de la corriente es justamente supersónica, aparece en la corriente adelante una onda de proa. Esta onda de proa hace subsónica la corriente entre ella y el cuerpo y puede por tanto ser considerada como el límite hasta el cual pueden ser transmitidas las perturbaciones de presión causadas por el modelo. Con otro aumento en la velocidad de la corriente, la onda de proa se aproxima al cuerpo y la región subsónica intermedia decrece. Si la parte delantera del cuerpo es aguda, la onda de choque de proa se une a ella y queda entonces inclinada en ángulo apropiado para la desviación del flujo de manera tal como representa la Fig. 2. Posteriores aumentos en la velocidad de la corriente únicamente reducen el ángulo entre las ondas de choque y la dirección normal del flujo; a muy altas velocidades supersónicas la onda de proa quedará muy cerca de la superficie del cuerpo. Esta secuencia completa del crecimiento y traslación de la onda de choque aparece representada diagramáticamente en la Fig. 3.[1]

[1] La semejanza entre los diseños de la onda de la Fig. 3 a velocidades supersónicas y los de las ondas superficiales que produce una embarcación, vistas desde arriba, no es totalmente casual. El movimiento de una superficie de agua poco profunda es equivalente al de la moción ondular causada por una perturbación semejante en un gas, cuando el cociente de los calores específicos del gas sea 2; para el aire la relación es 1,4.

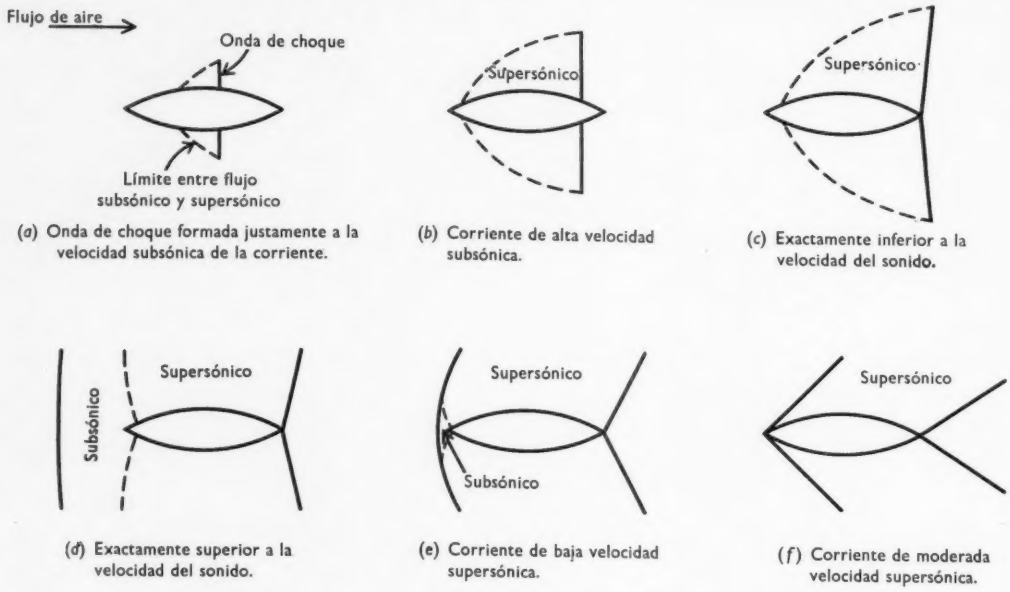


FIGURA 3 – *Diagramas de desarrollo y movimiento de una onda de choque producida por un cuerpo típico en una corriente de aire de velocidad constante.*

Cuando la corriente que rodea al cuerpo tiene regiones de velocidad subsónica y supersónica, la posición y fuerza de las ondas de choque son muy difíciles de predecir teóricamente si se conocen solamente la forma del cuerpo y la velocidad de la corriente. Este tipo se produce en la llamada región transónica cuando la velocidad de la corriente está próxima a la del sonido. Este intervalo de velocidades es de gran importancia para la aviación y suele obtenerse información acerca de los efectos de la onda de choque y el comportamiento de un cuerpo a tales velocidades mediante experimentos, bien de modelos en vuelo libre y de modelos estacionarios mantenidos en una corriente de aire en un túnel aerodinámico.

El análisis matemático de un campo de flujo totalmente supersónico es más fácil y en los últimos años se han hecho muchos progresos en la predicción de la posición y fuerza de las ondas de choque. Los resultados teóricos han sido ampliamente confirmados por datos experimentales obtenidos en vuelo libre y en pruebas en túnel aerodinámico.

Ya en 1886 Mach [4, 5] obtuvo una fotografía de una bala en vuelo a una velocidad aproximada a 1,5 veces la del sonido, que mostraba claramente las ondas de choque inclinadas que se originan en la punta de la bala. La relación de la velocidad del modelo respecto a la velocidad local del sonido, se llama «número de Mach», designado por M. La Fig. 6 muestra una fotografía moderna de un proyectil en vuelo a un número M de 2,51. Siendo las ondas de choque regiones de intensos gradientes de densidad, refractan la luz procedente de un destello de poca duración y aparecen como sombras con bandas brillantes adyacentes sobre una placa fotográfica colocada del lado del proyectil más lejano del destello. La anchura de estas sombras depende principalmente de la geometría del aparato y no guarda relación con el espesor real de la onda de choque; nótese que esta observación se aplica a todas las fotografías de corrientes que figuran en este artículo.

En el túnel aerodinámico se coloca un modelo estacionario en una corriente de aire uniforme que fluye a velocidades unas nueve veces superiores a la del sonido; las perturbaciones producidas en el flujo por el modelo pueden estudiarse visualmente o por medio de dispositivos especiales de observación.

La sección del túnel donde va colocado el modelo puede variar en tamaño de un túnel a otro desde algunos cm^2 en sección transversal hasta varios m^2; el tamaño del modelo varía correspondientemente y puede ser de más de un metro

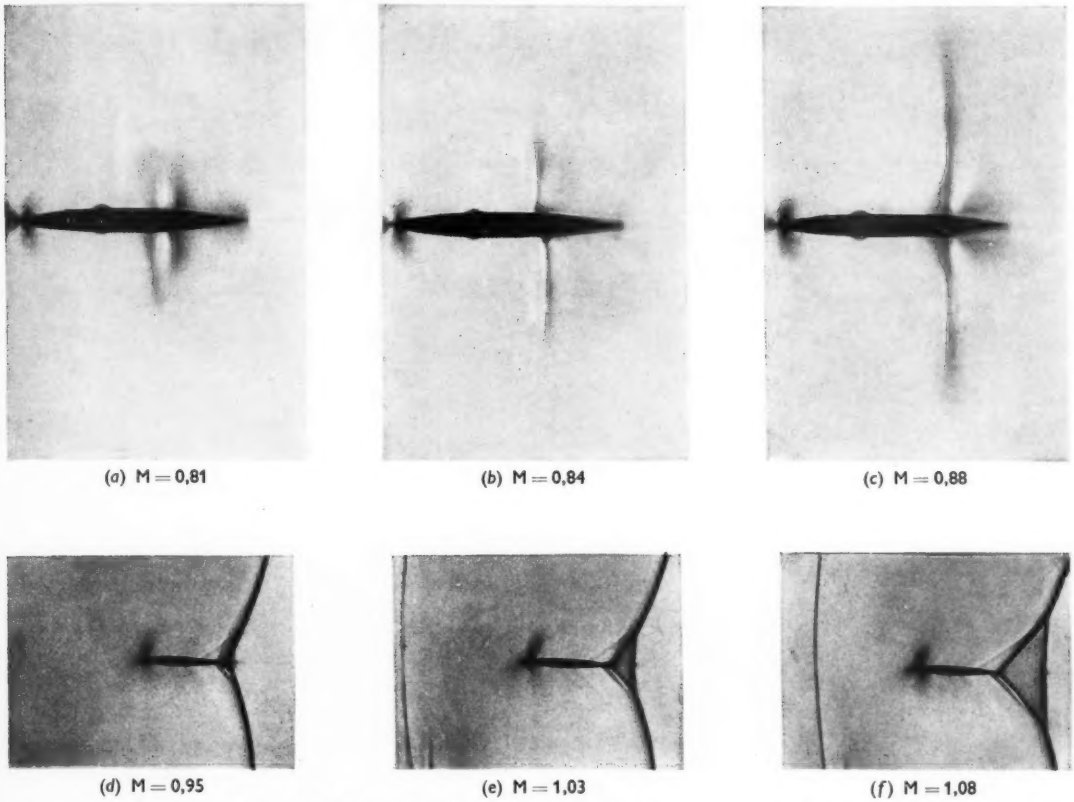


FIGURA 4 – *Fotografías de color* Schlieren *de un flujo alrededor de modelos de sección de ala (números de Mach subsónicos y transónicos; flujo del aire de izquierda a derecha).*

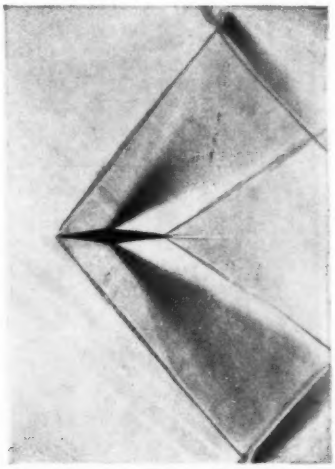


FIGURA 5 – *Fotografías de color* Schlieren *de un flujo alrededor de un ala de sección típica supersónica (M = 1,6); (flujo del aire de izquierda a derecha).*

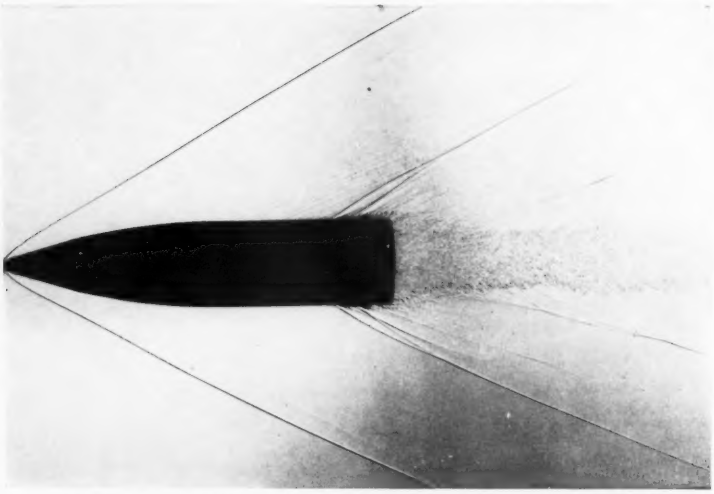
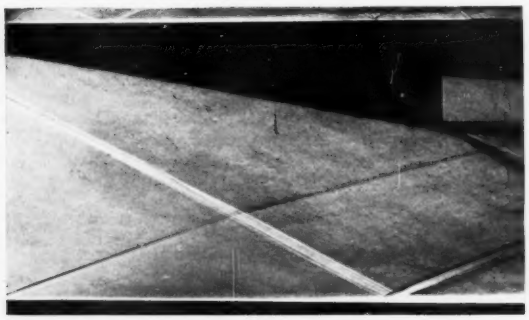
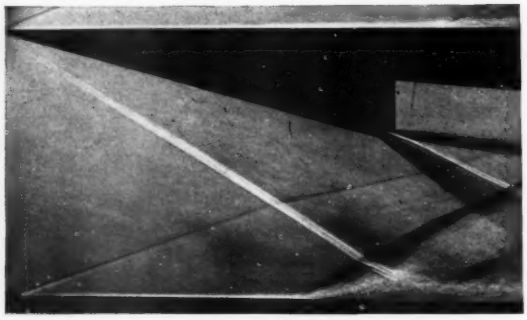


FIGURA 6 – *Sombra fotográfica de un proyectil en vuelo* ($M = 2{,}51$).



(a)



(b)

FIGURA 7 – *Reflexión de ondas de choque en lámina plana a* $M = 3$, *mostrando diferentes tipos de interacción entre la onda de choque y la capa límite de la lámina (fotografías* Schlieren; *flujo del aire de izquierda a derecha*). (a) *Reflexión de un choque débil.* (b) *Reflexión de un choque fuerte.*

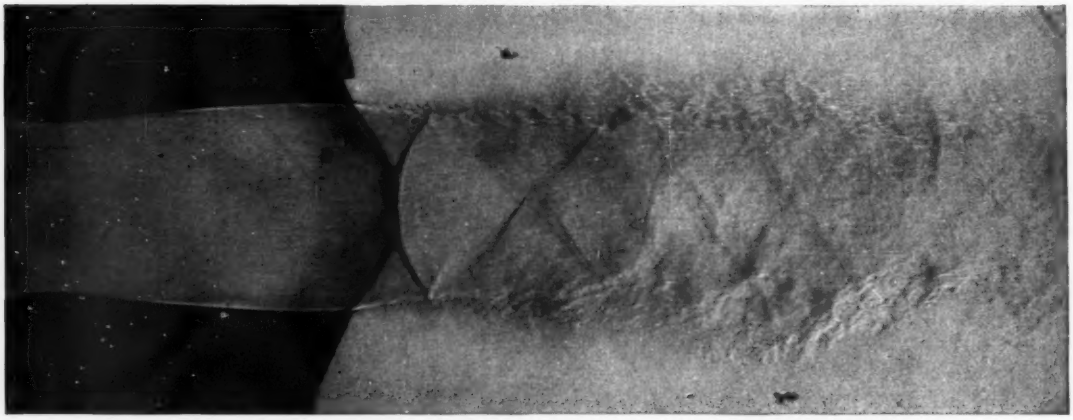


FIGURA 8 – *Ondas de choque en un chorro de aire que escapa a* $M = 1{,}43$ (*fotografía* Schlieren).

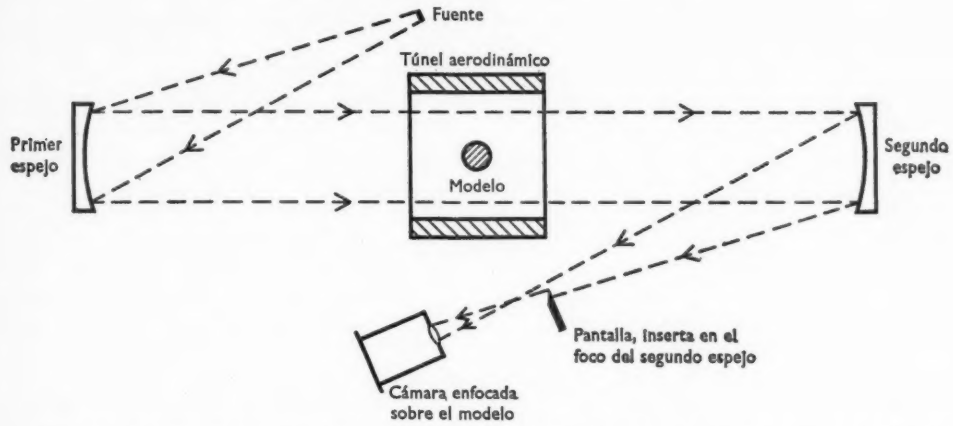


FIGURA 9 – *Método óptico* Schlieren *usado en un túnel aerodinámico (el flujo en el túnel es normal al plano del papel).*

de anchura y de longitud, lo que permite obtener considerables detalles. Los grandes y modernos túneles aerodinámicos son instalaciones complicadas y requieren una fuerza de varios miles de caballos para producir la corriente de aire. El viento es propulsado contra el modelo por una especie de ventilador o compresor axial o por aire comprimido inyectado a través de estrechas hendiduras en la pared del túnel. Tales túneles pueden funcionar continuamente o por períodos finitos. Para obtener los números de Mach superiores a 4 aproximadamente es a menudo más conveniente vaciar un recipiente de aire a alta presión hacia la atmósfera a través del túnel. La duración de la corriente en este tipo de túnel es pequeña, en general de unos segundos.

A medida que el aire se acelera en el túnel, se reduce su temperatura, y esta reducción es suficiente, a un número M superior a 4,5, para provocar condensación del oxígeno y nitrógeno presentes en el aire, a menos que el aire se caliente previamente por encima de la temperatura atmosférica normal.

Las ondas de choque producidas por el modelo en la corriente de aire del túnel, pueden ser observadas ópticamente de manera análoga a la utilizada para fotografiar el proyectil de la Fig. 6. También pueden utilizarse interferómetros, generalmente del tipo de Mach-Zehnder, para registrar la densidad del campo alrededor del modelo; la densidad del aire puede también medirse directamente, determinando la absorción de los rayos X que se hacen pasar a través de la corriente en el túnel. El método más importante, sin embargo, es el adaptado por Mach del empleo que originalmente le dió Toepler para investigar imperfecciones en los espejos ópticos, conocido como «método Schlieren» o de estriación [6]. El dispositivo óptico está representado en la Fig. 9: la luz refractada por los cambios en la densidad del flujo próximo al modelo es desviada hacia o fuera de la pantalla insertada en el foco del segundo espejo. La dirección de la desviación depende del signo del gradiente de densidad que causa la perturbación óptica, y los cambios de iluminación de la imagen del campo de flujo obtenidos en la cámara son proporcionales a estos gradientes de densidad.

Con una fuente de luz monocromática, las ondas de choque aparecen como bandas, sean luminosas u oscuras, sobre un fondo gris. También puede utilizarse un pequeño espectro como fuente luminosa, y los efectos de refracción producirán entonces cambios de color a ambos lados de la posición del color de fondo en el espectro [7]. En la Fig. 4 el modelo representa la sección de un ala de avión y ocupa completamente el lumen del túnel, de manera que el flujo no varía en esta anchura. La sucesión de fotografías corresponde a parte de los cambios representados en la Fig. 3. Las ondas de choque en la Fig. 4(*a*), (*b*) y (*c*) aparecen azules, y las regiones donde la densidad decrece en la dirección de la corriente aparecen rojas. La serie (*d*), (*e*) y (*f*) muestran el flujo de aire alrededor de la misma sección de ala a velocidades próximas a la del sonido; como color de fondo se ha elegido otra parte del espectro. En la Fig. 5, la sección del ala es de forma diferente y tiene el filo delantero formando el ángulo agudo necesario para que la onda de proa se junte al

modelo según el número de Mach de la corriente (1,6). El sistema óptico adoptado para esta fotografía permitió que los cambios de color obtenidos sean los contrarios de los que muestra la Fig. 4.

Del ala de un avión que vuele a velocidad supersónica pueden producirse ondas de choque semejantes a las que se ven en la Fig. 5; en ciertas condiciones, las ondas pueden llegar al suelo aun cuando el avión vuele a una altura de 7000 metros. Estas ondas son percibidas por un observador en el suelo como agudas detonaciones. A menudo se oyen dos o más detonaciones en sucesión rápida; todavía existen dudas sobre la verdadera causa de estas detonaciones múltiples. Pueden deberse a ondas de choque separadas producidas por el ala y cola del avión, o pueden resultar de una onda única que se ha deformado durante su descenso y como resultado de su reflexión en el suelo. Ahora parece aceptarse que la detonación se debe a la perturbación del aire producida por el avión al moverse, y que la acumulación de ruído del motor añade poco a la intensidad de la oída por el observador. La intensidad depende de la posición y la trayectoria de vuelo del avión, y puede ser suficiente para romper los cristales de los edificios.

La reflexión de la onda de proa en la pared del túnel puede observarse en la Fig. 5. Teóricamente, la onda reflejada debiera ser una simple onda de compresión, pero la zona verde próxima al punto de reflexión indica que se está produciendo una expansión del flujo. La naturaleza más compleja de la reflexión está causada por la estrecha banda de aire adyacente a la pared del túnel que está siendo retardada por la fricción. La interacción entre la onda de choque y la capa límite de una superficie próxima es de gran importancia [8]. Las Figs. 7(*a*) y (*b*) muestran respectivamente la inter-acción de un choque inclinado débil y otro fuerte, causado por la cuña de la parte alta del dibujo, con la capa límite sobre una lámina plana. En el segundo caso, la inter-acción es lo bastante importante para que resulte en la separación del flujo de la superficie de la lámina arriba del punto de inter-acción. La refracción de una onda de choque inclinada débil (de izquierda a derecha) a través del choque más fuerte y también a través de un abanico de expansión en el extremo posterior de la cuña puede también notarse en la Fig. 7(*b*).

Las presiones de superficie en la región de interacción cambian con el tipo de ésta y pueden modificar seriamente la fuerza resultante de la corriente de aire sobre el cuerpo. Si la interacción tiene lugar cerca de una superficie de control del avión (alerón o elevador) puede imposibilitar dicho control, con resultados probablemente desastrosos para el avión.

Otro aspecto de un flujo de alta velocidad, que produce ondas de choque, es la descarga de un gas por un orificio. La Fig. 8 representa un chorro de aire que sale a un número de Mach de 1,43. El sistema inicial de ondas de choque bien definido ajusta la presión en el interior del chorro a la del aire circundante, pero la subsiguiente mezcla en el límite del chorro, hace que éste se deshaga, reduciéndose la velocidad del aire por una sucesión de choques.

ONDAS DE CHOQUE ESFERICAS

Las ondas de explosión en el aire pueden ser consideradas como ondas de choque esféricas que se alejan del lugar de la explosión. En tal movimiento la velocidad es radial y, a diferencia de las corrientes regulares de aire previamente estudiadas, las características del frente de onda dependen de su distancia al punto de origen y del tiempo transcurrido desde que tuvo lugar la explosión. El conocimiento de la masa de explosivo utilizada para generar la onda nos permite definir la energía total útil para el movimiento. La fuerza de una onda de choque esférica, inicialmente mucho más fuerte que la que pudiera encontrarse en vuelos de gran velocidad, decrece con el tiempo, y el aire que ha sido comprimido por el paso de la onda de choque es capaz de expansionarse a una presión que puede ser inferior a la que existe más allá de la onda. La fase de succión es un aspecto importante de los movimientos de onda causados por explosiones [9].

ONDAS DE CHOQUE FUERTES Y ESTRUCTURA DEL CHOQUE

La gran fuerza de las ondas de choque producidas por una explosión significa que la temperatura alcanzada por el aire detrás de la onda será muy alta; en tales condiciones no puede presumirse que el aire se comporte como un flúido perfecto.

Un método de investigación en el laboratorio de las ondas intensas de choque es por medio del tubo de choque [10] (Fig. 10). Consiste éste en un largo tubo uniforme de sección cuadrada de unos 30 cm de ancho, dividido inicialmente por un diafragma en dos compartimentos que contienen gas — generalmente aire — a diferente presión. Cuando se rompe el diafragma, una onda de choque normal se mueve hacia la parte de baja presión del tubo y una onda de expansión hacia la región de alta presión. La interacción

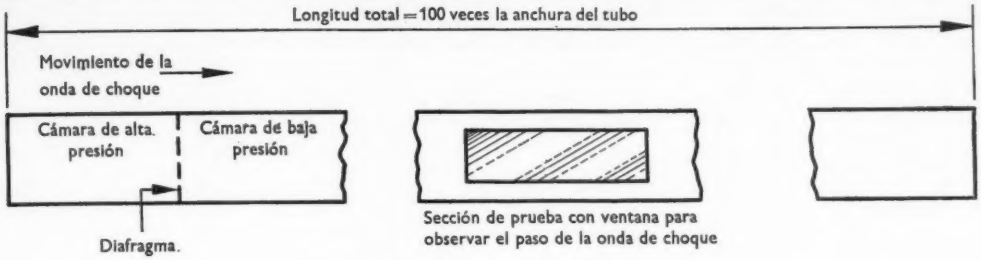


FIGURA 10 – *Diagrama del tubo de choque.*

momentánea de esta onda de choque con objetos sólidos colocados dentro del tubo puede entonces ser estudiada; por ejemplo en [11] se utilizaron métodos fotoelásticos para determinar las fuerzas internas momentáneas del modelo.

Las características observadas de la onda difieren de las calculadas a base de las leyes de los gases perfectos, debido principalmente a las variaciones de los calores específicos con la temperatura y a la disociación y ionización del gas; estos dos últimos efectos resultan importantes a temperaturas superiores a los 3000° K y 5000° K respectivamente. La Fig. 11 representa la magnitud de la reducción de la temperatura producida por estos tres efectos como una función del número de Mach a que se propaga el choque.

A grandes temperaturas y bajas densidades detrás del choque, resulta importante el tiempo que invierten las moléculas del gas para alcanzar el equilibrio después de su paso por el choque. Los grados de libertad relacionados a la traslación y rotación molecular requieren solamente algunas colisiones para alcanzar el equilibrio térmico, pero la vibración y disociación moleculares necesitan mayor número de colisiones intermoleculares para que se establezca el equilibrio. Estas dos formas son despreciables a densidades moderadas, y el espesor del choque resultante, la región en la cual el estado del gas se altera, es del orden de algunos caminos libres medios. El choque fuerte en gases enrarecidos consta probablemente de dos partes, un frente de gran declive de un espesor de algunos caminos libres medios, seguido de una zona de mayor longitud en la cual se alcanza el equilibrio térmico entre los grados de libertad de traslación y rotación por una parte y por la otra los de vibración y disociación.

Estos efectos moleculares aparecen en algunos gases en condiciones mucho menos extremas que en el caso del aire, y mediante una prudente selección del flúido con que se trabaja pueden obtenerse fácilmente importantes datos sobre el comportamiento del aire a números de Mach muy altos y bajas densidades.

Una onda de choque fuerte producida en un tubo de choque puede ser considerada como un medio de producir muy altas temperaturas en el interior de un gas. En tales casos, la temperatura de la parte posterior del choque puede ser aumentada por la reflexión del choque desde el extremo cerrado del tubo, o, en un tubo de forma modificada, haciendo que la onda de choque sea cilíndrica y que converja hacia un punto. Generalmente se estudia un gas simple, y no una mezcla de gases; por este medio [12] se han obtenido temperaturas superiores a 18000° K. A estas altas temperaturas, el choque se hace buen conductor

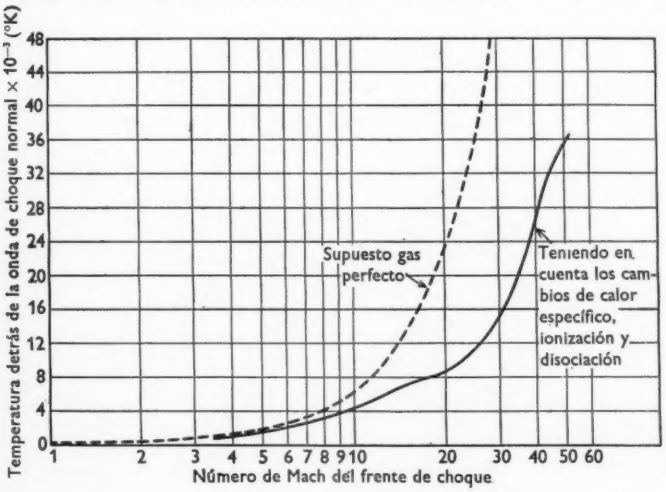


FIGURA 11 – *Temperaturas teóricas alcanzadas detrás de las ondas de choque fuertes que avanzan en aire no perturbado, a* 300° K.

eléctrico y se desarrolla detrás del mismo una banda de luz que parece deberse a partículas de polvo.

Aparte su intrínseco interés, los conocimientos de este tipo tienen valor para el estudio de los meteoritos, ya que éstos pueden ser considerados como proyectiles que se mueven a altos números de Mach (superiores a 100) en una atmósfera de baja densidad [13], causando una fuerte pero difusa onda de choque. El problema es complicado porque se debe tener en cuenta la evaporación del meteorito debida a la alta temperatura detrás de la onda de choque. En una escala mucho más amplia, se supone que también se producen fenómenos similares a las ondas de choque difusas en las nebulosas de gases enrarecidos de los espacios interestelares.

Se puede investigar teóricamente la estructura de la onda de choque, bien suponiendo un gas continuo, pero viscoso y conductor del calor o por aplicación de la teoría cinética de los gases. La suposición de un gas continuo es satisfactoria solamente para números de Mach inferiores a 2 aproximadamente. Para números más altos ha sido utilizada generalmente la teoría cinética de los gases con la correspondiente variación de los coeficientes de conductividad del calor y de viscosidad debida a la temperatura. El análisis de los gases como el aire, que no están formados por moléculas simples es muy complejo [14].

Excepto para los flujos de muy baja densidad fallará todo intento de medir el espesor del choque, por tratarse de muy pequeñas distancias. Sin embargo, se ha desarrollado una técnica elegante [15] que se basa sobre el hecho de que el espesor de la onda de choque es aproximadamente igual a la longitud de onda de la luz. Puede analizarse la reflexión de un rayo de luz en el frente de una onda de choque que avanza en un tubo de choque, y compararse los resultados con los calculados a base de los modelos teóricos de la estructura del choque.

REFERENCIAS

[1] LAMB, H. «Hydrodynamics» (6ª edición). Dover Publications Inc., Nueva York. 1945.

[2] RAYLEIGH, LORD. *Proc. roy. Soc.*, A, **84**, 247, 1910.

[3] COURANT, R. y FRIEDRICHS, K. «Supersonic Flow and Shock Waves», Interscience Publishers Inc., Nueva York y Londres. 1949.

[4] MACH, E. «Popular Scientific Lectures». The Open Court Publishing Company, Chicago. 1910.

[5] BLACK, J. *J.R. aero. Soc.*, **54**, 371, 1950.

[6] PANKHURST, R. y HOLDER, D. «Wind Tunnel Technique». Sir Isaac Pitman and Sons Limited, Londres. 1952.

[7] HOLDER, D. y NORTH, R. *Nature, Lond.*, **169**, 466, 1952.

[8] LIGHTHILL, M. *Proc. roy. Soc.*, A, **217**, 344, 1953.

[9] TAYLOR, G. *Ibid.*, **201**, 159, 1950.

[10] LUKASIEWICZ, J. «National Aeronautical Establishment, Canada». Report 15. 1952.

[11] BLEAKNEY, W., WHITE, D., y GRIFFITH, W. *J. appl. Mech.*, **17**, 439, 1950.

[12] RESLER, E., LIM, S., y KANTROWITZ, A. *J. appl. Phys.*, **23**, 1081, 1952.

[13] WHIPPLE, F. *Rev. mod. Phys.*, **15**, 246, 1943.

[14] GRAD, H. *Commun. pure appl. Math.*, **5**, 257, 1952.

[15] GREEN, E., COWAN, G., y HORNIG, D. *J. chem. Phys.*, **19**, 427, 1951.

Las micorrizas de los árboles forestales

J. L. HARLEY

Las micorrizas son estructuras resultantes de la asociación de ciertos hongos con los tejidos radicales de las plantas. Mediante el uso de los indicadores radiactivos se ha comprobado que las micorrizas absorben y acumulan las sales del suelo, tanto para ellas mismas como para las plantas. Cumplen así una función útil, aunque las plántulas pueden crecer y desarrollarse perfectamente en estado no infectado.

Hace más de cien años que se conoce el hecho de que muchas plantas superiores viven en estrecha asociación con micelios de hongos que existen sobre los tejidos de sus raíces o bien dentro de ellos. Las actividades de algunos de esos hongos originan cambios considerables en la morfología y anatomía de las raíces, dando lugar a la formación de estructuras compuestas hongo-raíz, claramente distintas de las raíces no infectadas. Los cambios resultantes de las actividades de otros hongos pueden ser invisibles exteriormente, pero sin embargo importantes. El nombre de micorriza fué aplicado inicialmente a las asociaciones hongo-raíz del primer tipo por Frank [3], quien estudió detalladamente las raíces del haya europea. Frank demostró que existen micorrizas semejantes en las raíces de muchas angiospermas pertenecientes a las cupulíferas y en las raíces de los pinos y plantas afines. Más tarde, el nombre micorriza se extendió a todos aquellos consorcios de hongos con órganos absorbentes de plantas verdes y de plantas superiores saprofitas, tales como las orquídeas incoloras, en las que ocurren claros cambios estructurales o histológicos, al sufrir una infección fúngica los individuos sanos en su *habitat* natural. Se ha demostrado que en alguna fase de su vida, o en cierto tipo de *habitat*, la mayoría de los sistemas de raíces y otros órganos subterráneos absorbentes de las plantas forman órganos micorrícicos de acuerdo con la anterior definición.

Muy al principio en el estudio de las micorrizas se formó la opinión de que la infección micorrícica estimulaba de alguna manera el crecimiento de las plantas en las que tenía lugar, y era natural que las primeras hipótesis acerca de su funcionamiento fisiológico relacionasen principalmente esas formaciones con la absorción de nitrógeno. Ya se había probado la función de fijar nitrógeno de los nódulos bacteriales en las raíces de las leguminosas; muchos experimentos agrícolas sobre el tratamiento de suelos han demostrado que las sustancias nitrogenadas son de enorme importancia para el crecimiento de las plantas. La suposición, sin una prueba experimental rigurosa, de que la infección micorrícica ejerce un efecto estimulante, y su explicación en función del suministro de nitrógeno, junto con la falta de conocimientos sobre la fisiología de la absorción de sustancias minerales por las raíces de las plantas, han sido en gran parte responsables de que se haya tardado tanto en comprender el fenómeno de la micorriza.

Las radicelas finales de muchos de los árboles más frecuentes en los bosques de Europa y otras zonas templadas—como el haya, el castaño, el abedul, el roble y el avellano entre las angiospermas, y el pino, el abeto y el alerce entre las coníferas—están todas asociadas con hongos en condiciones forestales naturales. Las estructuras de las micorrizas formadas por ellos son muy semejantes en todos sus caracteres importantes. Las radicelas, que son algo gruesas y de punta roma, forman sistemas racemosos muy densos o, con menos frecuencia, como en el caso del pino, están repetidamente bifurcados. En la Fig. 4 se muestran raíces micorrícicas del haya, que han crecido en su ambiente natural, y su estructura anatómica aparece ilustrada en la Fig. 5. El tejido huésped está completamente rodeado por otro tejido constituído por hifas de hongos tan estrechamente entrelazadas entre sí en una falsa estructura celular, especialmente en su parte exterior, que los espacios interhifales son difícilmente discernibles. La parte central del tejido huésped es penetrada en su corteza exterior por las hifas que crecen entre las células y dentro del espesor de las membranas celulares, formando una red, llamada de Hartig, botánico alemán que las describió por vez primera. Algunas hifas penetran en el interior de la célula, pero el número de tales penetraciones varía, y hasta pueden faltar casi por completo. Un número variable de hifas pasa también al exterior desde la envoltura de los hongos hasta el suelo.

Sin embargo, parece que algunas de las principales ramas de estos sistemas de raíces, así como algunas raíces laterales de menor importancia, permanecen sin ser infectadas durante una gran parte de su vida y muestran una estructura radical más normal, con cofias y pelos. Muchas de las raíces que permanecen largo tiempo sin ser infectadas acaban infectándose en alguna época de su vida. Algunas veces, como en el haya, llegan a quedar completamente cubiertas por una verdadera envoltura de hongos, que se va extendiendo detrás del ápice de la raíz en el rápido crecimiento de ésta; durante los períodos estacionarios del crecimiento de la raíz en el verano, la envoltura puede llegar a cubrir completamente el ápice. En otros casos, por ejemplo en el pino, la diferenciación de las células detrás del ápice de las raíces largas va seguida de una infección interna de los tejidos.

Los hongos que toman parte en la formación de las micorrizas de los árboles han sido estudiados detalladamente por Melin [7–10] y sus colaboradores en Suecia [11]. El método más ventajoso de identificarlos ha resultado ser, en primer lugar, el cultivo de micelios de las formaciones más corrientes de frutos de los hongos que se encuentran en las proximidades en su *habitat* natural y, en segundo lugar, el estudio de su capacidad de formar micorrizas, cuando se inoculan en las raíces de plántulas esterilizadas. Se ha demostrado que un gran número de setas venenosas pertenecientes a las agaricáceas y boletáceas y algunos bejines, tales como el escleroderma, forman micorrizas. En todos los casos las propiedades fisiológicas de estas especies son un tanto extrañas. Son incapaces de desarrollarse en cultivos en los que las fuentes de carbono sean más complejas que simples hidratos de carbono y necesitan con frecuencia la presencia de ciertas sustancias adicionales, como las vitaminas tiamina y biotina, para desarrollarse satisfactoriamente. Presentan por tanto un contraste con otros hongos de los mismos grupos taxonómicos, que crecen en la madera y en el humus, los cuales tienen la capacidad de fraccionar la lignina y la celulosa y pueden crecer fácilmente en cultivo. Estas características de cultivo, junto con una clara falta de capacidad para competir en un cultivo mixto con las saprofitas de suelos no especializados, hacen que estos hongos estén más vinculados, desde el punto de vista fisiológico, con los parásitos especializados que con las formaciones de la putrefacción de basura y humus. Parece estar comprobado que muchas especies son incapaces de producir formaciones fructíferas en ausencia de los árboles huéspedes.

La intensidad del desarrollo micorrícico sobre la planta huésped varía con las condiciones de su *habitat*. Parece ser que los factores externos influyen en el desarrollo de las estructuras micorrícicas a través de los efectos que ejercen en la planta huésped, más bien que directamente sobre el hongo. Los primeros investigadores observaron que la infección se desarrollaba más intensamente en terrenos húmicos donde, sobre la superficie del suelo, existen de modo permanente capas de restos vegetales en estado de parcial putrefacción. Se podían ver en estas capas conglomerados de radicelas micorrícicas, que crecían en estrecha competencia con grandes cantidades de micelios de tipos muy variados. Después de un período de caída de hojas, puede haber un fuerte incremento pasajero de sustancias nutritivas de las plantas en estas capas de humus, pero los elementos vivos de estas capas los absorben rápidamente, siendo muy bajo el contenido medio de sustancias nutritivas disponible a lo largo del año. En suelos en que no se acumulan capas de humus y donde la cantidad disponible de sustancias nutritivas se mantiene permanentemente a un nivel más alto, el desarrollo micorrícico es mucho menos considerable.

Parece ser [1, 5] que para una intensidad dada de luz, en la que sea posible el crecimiento, el desarrollo micorrícico aumenta con el déficit de sustancias nutritivas de plantas, especialmente el nitrógeno y el fósforo y posiblemente también el potasio. Cuanto más intensa sea la luz, mayor será el contenido de sustancias nutritivas disponibles que permitirá un determinado desarrollo de micorrizas. Estas relaciones se cumplen, desde luego, sólo dentro de ciertos límites de la concentración de sustancias nutritivas e intensidad de luz, y no se aplican a estados de gran escasez o de gran exceso de sustancias nutritivas, ni cuando la luz es muy intensa. A menudo requieren asimismo algunas modificaciones para compensar los efectos de la interacción de las sustancias nutritivas. Por lo tanto, Björkman llegó a la conclusión, confirmada después por análisis, de que la infección depende de la presencia de un exceso de hidratos de carbono en los tejidos de la raíz. Posteriores observaciones están de acuerdo con tal hipótesis. Por ejemplo, la infección inicial de las plántulas después de la germinación, tanto en los pinos como en las hayas, no ocurre hasta después del desarrollo de las hojas, que es cuando se encuentran hidratos de carbono libres en los tejidos de la raíz. Resulta tentador, aunque peligroso,

relacionar la apetencia de los hongos en cultivo por los hidratos de carbono simples con estas observaciones y concluir que se trata de una relación de causa y efecto. Otros hongos, a pesar de ser incapaces de formar micorrizas, tienen la misma apetencia por los hidratos de carbono simples.

El desarrollo relativamente grande de la micorriza en suelos pobres en sustancias nutritivas llevó a los primeros observadores a una interpretación teleológica de la función micorrícica que todavía está en uso hoy día. A grandes rasgos, el argumento era que el gran desarrollo de raíces micorrícicas en suelos pobres demostraba que tenían por misión aumentar la absorción mineral. Sean cuales fueren las propiedades de las raíces micorrícicas, este argumento carece en absoluto de valor. Hay tres tipos de pruebas experimentales y ecológicas acerca de sus funciones como órganos absorbentes que están muy libres de este error. Primero: han fracasado con frecuencia los intentos de plantar árboles, especialmente coníferas, en lugares que no les son naturales, sobre todo cuando esas plantaciones fueron hechas en suelos húmicos; en correlación con estos fracasos se produjo una falta de desarrollo micorrícico. Varios tratamientos del suelo [12] han dado como resultado no sólo un crecimiento más satisfactorio de las plantas jóvenes, sino también un desarrollo de micorrizas en sus raíces. Sería precipitado considerar estos cambios como una relación de causa y efecto sin aducir otras pruebas. Segundo: varias veces se ha intentado la inoculación experimental de plántulas con hongos micorrícicos, para comparar su crecimiento con el de plántulas no inoculadas. Experimentos de esta clase, tan sencillos en teoría, son técnicamente muy difíciles de llevar a cabo, pero los pocos que se han efectuado satisfactoriamente muestran que en suelos pobres en sustancias nutritivas las plántulas micorrícicas presentan un aumento de peso, unido a un incremento desproporcionado de absorción nutritiva. Un ejemplo aparece en la Tabla I [5].

Se ha aceptado que esta gran absorción mineral en las plántulas micorrícicas se debe a que los sistemas de raíces micorrícicas poseen un área superficial grande, comparados con los sistemas no infectados. Los peligros de esta doctrina radican en primer lugar en la imposibilidad de encontrar un método por el que se puedan comparar con suficiente precisión las áreas superficiales de las raíces, y en segundo lugar en la consecuencia de que un sistema de raíces rodeado de una envoltura de hongos presentaría unas características semejantes, desde el punto de vista de absorción de minerales por unidad de área, a las de las raíces no infectadas. Sólo se pudo mantener esta opinión mientras se creyó que las sustancias nutritivas eran absorbidas en masa en el flujo de transpiración o mediante el proceso físico de difusión. Ahora que se ha demostrado que la absorción de sales depende de reacciones metabólicas, se hace necesaria cierta modificación de esta hipótesis. De la estructura misma de las raíces micorrícicas se deduce que todas las sustancias que entran en el huésped deben pasar, de una forma u otra, a través del tejido de hongos de la envoltura, y es probable que tanto su modo de entrar como su forma y cantidad sean diferentes en raíces infectadas y no infectadas.

TABLA I

Pinus strobus	*Peso en seco*	*Nitrógeno (% peso seco)*	*Fosfato (% peso seco)*	*Potasio (% peso seco)*
Plántulas micorrícicas	404,6	1,24	0,20	0,74
Plántulas no micorrícicas	320,7	0,85	0,08	0,43

En los últimos años se han obtenido pruebas experimentales de un tercer tipo tratando las raíces micorrícicas como un único órgano funcional, en vez de considerarlas como un conjunto de dos organismos separados pero adyacentes. Las técnicas utilizadas han sido con frecuencia exactamente las empleadas en el estudio de la absorción de sal por raíces normales.

Melin y sus colaboradores [8–10] han demostrado elegantemente que las hifas que sobresalen de la envoltura micorrícica son capaces de funcionar de forma análoga a los pelos de la raíz. Se sembraron plántulas de pino en cultivos de arena esterilizada, de tal forma que más tarde se pudiesen colocar en la superficie de la arena bandejas con cultivos descubiertos de hongos micorrícicos. Con el tiempo, las hifas de los cultivos sobrepasaron los bordes de su bandeja, introduciéndose en la arena y formaron micorrizas en las raicillas de los pinos. Mediante la introducción en los cultivos de hongos de soluciones de fosfato, compuestos de nitrógeno y sustancias nutritivas metálicas isotópicamente marcados, se pudo seguir el movimiento de esas soluciones hacia las raíces y órganos de la planta huésped.

Mediante trozos de micorriza de pino y haya seccionados se han obtenido en experimentos de

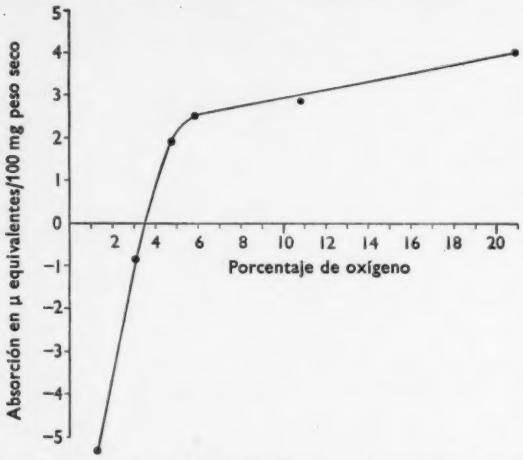


FIGURA 1 – *Influencia de la concentración de oxígeno en la absorción de potasio de una solución de KCl (0,128 mM) por las micorrizas del haya durante 17 horas.*

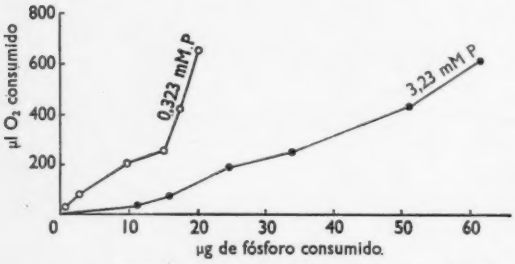


FIGURA 2 – *Relación entre el oxígeno consumido y el fosfato absorbido por raíces de haya, por dos concentraciones diferentes.*

corta duración datos referentes a la absorción y al efecto que los factores externos ejercen sobre la misma. Se ha comparado en el pino [6] y en el haya [4], la absorción de raíces infectadas y no infectadas, para un área o un peso determinados. En ambos casos las raíces infectadas absorbieron una cantidad mayor; en el caso del haya, por ejemplo, el fosfato fué absorbido unas cinco veces más rápidamente y el potasio unas dos. La absorción, en el caso del haya, se mostró particularmente sensible a la presencia de una cantidad suficiente de oxígeno, estando el fenómeno de acumulación de sales en los tejidos indirectamente relacionado con la respiración.

La Fig. 1 muestra que la absorción de potasio tiene lugar solamente cuando existe una concentración de oxígeno superior al 3% en volumen, y alcanza su máximo entre 10 y 20%. En la Fig. 2 se puede ver el tipo de relación que existe entre el consumo de oxígeno en la respiración y la absorción de fosfato.

Las raíces micorrícicas son semejantes a las no infectadas desde el punto de vista de la dependencia de su rapidez de absorción respecto a la temperatura, la concentración de sal en la solución externa y la presencia de sustancias que inhiben los procesos metabólicos. Ambas muestran la propiedad de presentar una absorción selectiva, como el caso de la absorción preferente de potasio en una solución de metales alcalinos (Tabla II).

TABLA II

Solución	*Absorción de K*		*Absorción de Na*	
	µE/ 100 *mg.*	% *de control*	µE/ 100 *mg.*	% *de control*
0,1 mM KCl ..	1,68	100	—	—
0,1 mM NaCl ..	—	—	0,41	100
0,1 mM NaCl + 0,1 mM KCl	1,37	82	0,06	14

Resultados de J. M. Wilson (inéditos).

Aunque un resultado de este tipo pone de manifiesto la capacidad de las micorrizas para acumular sales, no se las puede considerar simplemente como órganos de absorción de sales. Un examen detallado de la distribución inmediata de sales absorbidas por raíces micorrícicas muestra que la acumulación primaria no es uniforme, sino que una gran proporción de sal absorbida queda retenida en la envoltura fúngica. Esto se pone de manifiesto de un modo especial en la absorción de fosfato, en la que hasta un 90% del ión absorbido queda retenido por la envoltura en experimentos de corta duración en los que se utiliza el tipo de concentración que probablemente se encontraría en el suelo. Se ha demostrado que el paso al

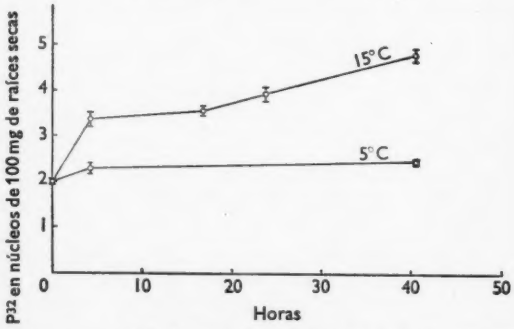


FIGURA 3 – *Desplazamiento del fosfato desde la envoltura fúngica hasta el tejido huésped, en micorrizas de haya mantenidas en soluciones sin fosfato a 5°C y a 15°C.*

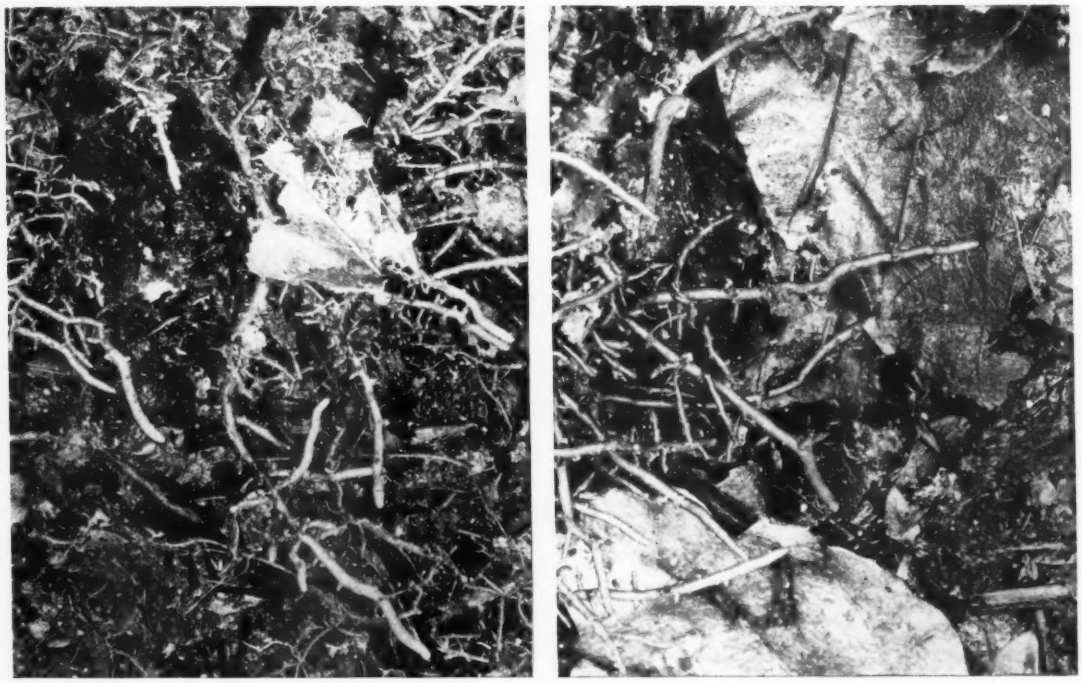


FIGURA 4 – *Fotografías de raíces micorrícicas de haya en las capas de humus del suelo (ligeramente aumentadas).*

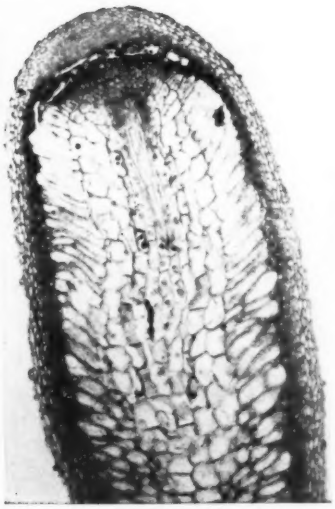


FIGURA 5 – *Secciones de raíces micorrícicas de haya mostrando la envoltura de tejidos fúngicos que rodean el tejido huésped. Se pueden ver las hifas de la red de Hartig entre las células de la corteza.* (× 130 *aprox.*)

(*Por cortesía de F. A. L. Clowes*)

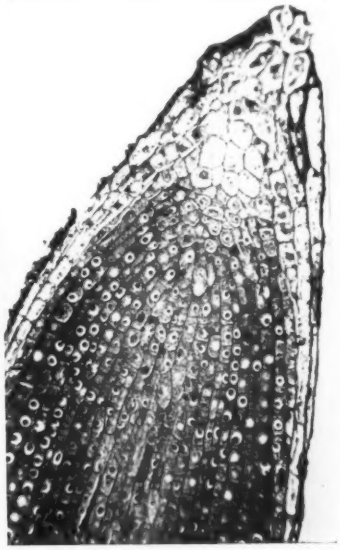


FIGURA 6 – *Sección longitudinal de una raíz de haya sin infectar, presentada para comparación.* (× 200 *aprox.*) (*Por cortesía de F. A. L. Clowes*)

sistema general del fosfato acumulado es un proceso gradual, que depende de la temperatura y de la concentración de oxígeno (Fig. 3). Ocurre únicamente cuando la concentración de oxígeno es superior a un 3% en volumen, y alcanza máxima rapidez en el aire, cuando la solución externa no tiene fosfato.

Este trabajo experimental sobre la absorción de sal ha puesto de manifiesto la naturaleza aeróbica de los procesos de absorción inicial y redistribución. Ya se ha explicado que las capas superficiales del humus del suelo forestal son el lugar natural para el mayor desarrollo de las micorrizas; por consiguiente, es necesario conocer la proporción de oxígeno en estas capas para aplicar con alguna garantía los resultados experimentales a las condiciones naturales. Los cálculos aproximados [2] de la atmósfera del suelo en las zonas de gran desarrollo de micorrizas de haya han demostrado que no hay carencia de oxígeno. Durante toda una estación, la concentración de oxígeno en volumen permaneció por encima del 19% en todos los casos probados. Se puede, por tanto, aceptar la opinión de que las raíces micorrícicas son acumuladores aeróbicos de iones de gran eficacia, de tal forma que, en períodos de descomposición de la broza, compiten con éxito para la absorción de sustancias nutritivas con los demás organismos vivientes de las zonas de humus de los suelos forestales. Las sustancias así acumuladas pueden ser utilizadas tanto por el huésped como por el hongo mediante un proceso de redistribución gradual pero metabólicamente dependiente.

Este reciente trabajo experimental ha dado una explicación adecuada a las muchas observaciones realizadas sobre el buen crecimiento de plantas micorrícicas en suelos pobres, tanto en condiciones naturales como en experimentos, y ha hecho que el estudio de la micorriza salga por fin de la fase de atribución de propiedades mágicas a los órganos micorrícicos. Tan absurdo es suponer que el desarrollo de micorrizas con la formación de la envoltura de hongos en torno a las raíces no influye sobre la absorción, como decir que las plántulas de los árboles en los bosques no pueden crecer sin micorrizas. Las semillas de los árboles germinarán y se convertirán en plántulas en un cultivo de arena o agua, en condiciones en las que no se forman órganos micorrícicos. Más aún, en suelos fuertemente abonados, las plantas pueden crecer con gran vigor en un estado relativamente no infectado, pero no es éste su *habitat* normal ni su condición normal en un ambiente natural. Los experimentos llevados a cabo en los últimos años bajo los auspicios de la Comisión Forestal Inglesa se han propuesto determinar si es necesario cultivar en los viveros plántulas con micorrizas, con el fin de transplantarlas luego al suelo de los bosques, o bien si las plántulas muy abonadas al principio con fertilizantes inorgánicos, se pueden transplantar con éxito, aunque al principio carezcan de micorrizas.

BIBLIOGRAFIA

[1] Björkman, E. *Symb. bot. upsaliens.*, **6**, 2, 1942.

[2] Brierley, J. K. *J. Ecol.*, **43**, 404, 1955.

[3] Frank, A. B. *Ber. dtsch. bot. Ges.*, **3**, 128, 1885.

[4] Harley, J. L. y McCready, C. C. *New Phytol.*, **49**, 388, 1950; **51**, 56, 342, 1952; **53**, 92, 240, 1954.

[5] Hatch, A. B. *Black Rock For. Bull.*, No. 6, 1937.

[6] Kramer, P. J. y Wilbur, K. M. *Science*, **110**, 8, 1949.

[7] Melin, E. *Handb. biol. ArbMeth.*, **11**, 4, 1936.

[8] Melin, E. y Nilsson, W. *Physiol. Plant.*, **3**, 88, 1950.

[9] *Idem. Nature, Lond.*, **171**, 134, 1953.

[10] *Idem. Svensk. bot. Tidskr.*, **49**, 119, 1955.

[11] Modess, O. *Symb. bot. upsaliens.*, **5**, 1, 1941.

[12] Rayner, M. C. y Neilson-Jones, W. «Problems of Tree Nutrition», Faber and Faber, Londres. 1944.

Revista de libros

ASTRONOMIA

Pawsey, J. W. y Bracewell, R. N.: *Radio Astronomy*. x + 359 págs. Clarendon Press, Oxford. 1955. 55s.

En la década transcurrida desde el final de la última guerra, la técnica de la radio ha iniciado una nueva e interesantísima era en la astronomía. El Laboratorio de Radiofísica de la *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization* de Sydney ha representado un papel muy importante en tales investigaciones; en este libro, dos distinguidos miembros de su personal nos ofrecen un muy valioso estudio de este tema. La radioastronomía se ha desarrollado en las fronteras comunes de la astronomía, la física y la técnica de la radio; por ello, todo buen tratado de tal materia tiene que satisfacer intereses muy variados. Este libro consigue plenamente su propósito de ser inteligible a todos los lectores procedentes de tan distintos campos. Como es natural, aquellos aspectos que entran dentro de la especialidad de los autores reciben tratamiento más detallado; una tercera parte de la obra está dedicada al estudio de las radio-emisiones solares y es notable por su carácter comprehensivo.

Sin embargo, nos ha desencantado un poco hallar que el estudio de las emisiones galácticas y extragalácticas se limita a un solo capítulo. Los recientes descubrimientos radioastronómicos en esta esfera, incluyendo la línea espectral del gas de hidrógeno neutral interestelar, son tan significativos que bien hubieran merecido un estudio más completo. Las ondas radiotérmicas procedentes de la Luna se estudian en un breve capítulo, y los radio-ecos, importante aspecto en la radioastronomía, aparecen tratados con gran lucidez en los capítulos sobre los ecos lunares y los meteoros. Este libro será indispensable para todos los investigadores y estudiantes de esta materia y no dejará de interesar a todo lector de inclinaciones científicas, por los notables desarrollos recientes y extraordinarias posibilidades futuras que en él se describen. A. C. B. LOVELL

SIDGWICK, J. B.: *Amateur Astronomer's Handbook*. 580 págs. Faber and Faber Limited, Londres. 1955. 63s.

Los aficionados a la astronomía que posean y hagan uso de un telescopio hallarán en este libro una copiosísima fuente de información sobre una gran variedad de temas. No se propone ser ni un texto ni un manual práctico de instrucciones: es una obra de referencia que ayudará al observador a hacer uso eficaz e inteligente de su telescopio y a mantener un buen ajuste del mismo. Los temas tratados incluyen la captación luminosa, resolución, aumento, tamaño del campo y aberraciones de los telescopios; tipos de oculares e objetivos; materiales ópticos y sus propiedades; tratamientos con plata, aluminio, etc. de las superficies de reflexión; tipos de telescopios, sus monturas y mecanismos de movimiento; ajustes y pruebas; la atmósfera y las condiciones de visión; micrómetros, espectroscopios y fotómetros; el ojo y su función en la observación; el uso de la fotografía y las propiedades de la placa fotográfica; diafragmas, filtros y relojes.

El libro contiene numerosos consejos prácticos y gran número de diagramas a línea de notable claridad, que aumentan su valor. Una bibliografía de unas 600 referencias suministra una guía para que el lector pueda hallar otros datos sobre la mayoría de los temas tratados. El libro — único en su clase — será valiosísimo para el observador. La impresión y el papel son de muy alta calidad. H. SPENCER JONES

SIDGWICK, J. B.: *Observational Astronomy for Amateurs*. 358 págs. Faber and Faber Limited, Londres. 1955. 50s.

Este libro, destinado al astrónomo aficionado que posea un pequeño telescopio y desee realizar observaciones sistemáticas, viene a llenar una antigua laguna. Los campos en los que el aficionado puede realizar observaciones más valiosas son el Sol, la Luna, los planetas, asteroides, cometas, meteoros, auroras, luz zodiacal y estrellas variables. El libro describe los métodos y técnicas de observación de todos esos fenómenos e incluye numerosos consejos e instrucciones prácticas, explicando los datos tabulados en el *Nautical Almanac* y en el *Handbook of the British Astronomical Association*, e incluyendo al final de cada sección los principales datos numéricos. También se describen los métodos de registro de las observaciones. Con esta obra, el principiante puede salvar muchos obstáculos y ganar la suficiente confianza para obtener valiosas contribuciones en la especial esfera de observación que elija. Al final aparece una bibliografía completa, ordenada según las diversas secciones, que permitirá al observador ampliar sus conocimientos sobre los temas de su preferencia.

H. SPENCER JONES

BIOLOGIA

COLE, W. H. (Compilador): *Some Physiological Aspects and Consequences of Parasitism*. XI + 90 págs. Rutgers University Press, New Brunswick, New Jersey. 1955. $2.

La Oficina de Investigaciones Biológicas de la Universidad Rutgers viene patrocinando desde 1945 conferencias anuales dedicadas a ciertos aspectos del metabolismo de las proteínas; en 1955, la conferencia reconoció la debida importancia del hecho de que los organismos parásitos, aunque no causen en el anfitrión enfermedades con síntomas clínicos, pueden alterar de tal modo el equilibrio metabólico del animal infectado que éste, utilizado en estudios experimentales, no produzca reacciones normales, aunque se califique al animal como normal. El informe de dicha conferencia muestra que, a pesar de la complejidad de este problema, se han obtenido ya valiosas contribuciones para su estudio y, en general, para el de la fisiología de la relación parásito–anfitrión.

En esta obra, las investigaciones sobre los parásitos intracelulares están representadas por la ponencia de W. Trager sobre el estudio *in vitro* de los parásitos maláricos de las aves, por la de L. A. Stauber sobre la leichmaniasis de *Cricetus cricetus*, y el estudio de J. W. Moulder sobre el metabolismo proteico de los bacteriófagos, las rickettsias del tifus y los parásitos del paludismo. El Profesor W. H. Taliaferro trata de sus recientes trabajos sobre la formación de las hemolisinas «anti-ovejas» en el conejo, E. Bueding trata de las enzimas glicolíticas de *Schistosoma mansoni*, y C. P. Read de la fisiología intestinal y su relación con las tenias.

G. LAPAGE

HADORN, E.: *Letalfaktoren*. 338 págs. Georg Thieme Verlag, Stuttgart. 1955. DM. 39.

Esta monografía del Profesor Hadorn es el primer libro dedicado enteramente a los factores genéticos letales: esto es, los genes que causan la muerte del individuo en el que se manifiestan. Es una obra importante no sólo porque los genes letales se diferencian profundamente de los demás, sino porque nos ofrecen favorables oportunidades técnicas para atacar dos de los problemas más importantes en la ciencia genética: la naturaleza de la mutación génica y las modalidades en que los factores genéticos producen sus efectos. Hadorn trata ambos problemas con bastante detalle, aunque la mayor parte de la obra estudia principalmente el último.

El libro presenta como mérito especial un cuidadoso análisis teórico, apoyado en numerosos estudios experimentales y descriptivos, de los complejos síndromes de aberraciones que puede producir un sólo gene. Hadorn trata en detalle las pruebas de la existencia de las determinadas fases de desarrollo durante las cuales se pone de manifiesto la acción de un gene dado, así como las pruebas de la especificidad celular y orgánica en la actividad génica. Sus más recientes investigaciones, en las cuales ha utilizado los métodos cromatográficos para poner de manifiesto los cambios bioquímicos producidos por ciertos genes letales, aparecen resumidas en todos sus aspectos, estudiándose además su pleno significado. Este libro representa no sólo un compendio utilísimo y notable fuente de información, sino que, por la claridad y comprehensividad de su estructura teórica, significa además una notable aportación al progreso de la genética. C. H. WADDINGTON

BIOQUIMICA

HILL, R. y WHITTINGHAM, C. P.: *Photosynthesis*. VII + 165 págs. Methuen and Company Limited, Londres. 1955. 8s. 6d.

El estudio de la fotosíntesis ha progresado a través de diversas fases, basadas respectivamente en la anatomía vegetal, la fisiología vegetal, la física química y la bioquímica. Especial mérito de este librito es que, dentro de su limitado alcance recoge debidamente todas esas fases. Por ejemplo, es interesante hallar en él un estudio suficiente de lo que ahora pudiéramos llamar el tratamiento cinético clásico, mediante el cual los especialistas en fisiología vegetal obtuvieron datos básicos que hoy se tiende a olvidar.

La presentación de la obra es por lo general lúcida y no exigirá preparación especial por parte del estudiante universitario medio de botánica o bioquímica que la lea; por contraste resaltan algunos errores y ambigüedades. Existe una cierta desigualdad en el tratamiento de las diversas secciones debido, al parecer, a que son dos los autores; debemos, sin embargo, atribuir a la falta de espacio algunas afirmaciones discutibles pronunciadas *ex cathedra*. El Capítulo 6 contiene gran cantidad de datos bioquímicos que pueden hallarse en otros textos, por lo cual nos parece hubiera sido más útil dedicar algunas de sus páginas a la descripción de las pruebas experimentales, como se ha hecho en el Capítulo 7 pero no en otros lugares.

El estudio de las investigaciones más recientes está tan al día como es lógico esperar si se tienen en cuenta los retrasos que sufren las publicaciones modernas y el rápido progreso en estas materias. Con todo, debemos felicitar cordialmente a los autores por una obra notable que habrá de ser de gran utilidad para los estudiantes de botánica y de bioquímica. W. O. JAMES

BOTANICA

GUILLAUMIN, A., MOREAU, F., y MOREAU, C.: *La Vie des Plantes*. 468 págs. Librairie Larousse, París. 1955. Frs. 6190.

Esta es la más reciente adición a la *Collection inquarto Larousse*, y se propone ser volumen complementario de *La Vie des Animaux*, publicada anteriormente. Esta serie, que se compone ya de nueve volúmenes, tiene por objeto servir de introducción a todo un mundo de ideas y de fuente de información irreprochable sobre la suma del moderno conocimiento, ejemplo de una cualidad de alto valor plástico e intelectual y, en términos generales, una presentación en la que se haga pleno uso de todos los progresos del arte gráfico.

Con un propósito tan elevado, todo fracaso es honroso. Y debemos decir que los tres autores hacen frente a la empresa a tambor batiente. Sería difícil hallar un solo aspecto de la ciencia botánica al que no hayan hecho alusión, desde la morfología más académica al arte de recortar arbustos, desde el cultivo cavernícola de las setas hasta el del mijo en el ecuador.

El solo adjetivo apropiado a las ilustraciones es «magnífico», especialmente aquellas en blanco y negro, emocionantes aun para el más endurecido botánico. ¡He aquí el regalo ideal para el amante de las plantas! Aunque el francés se le resista, las 1518 ilustraciones le suministrarán horas enteras de satisfacción. Desgraciadamente, no hay un índice. W. O. JAMES

MERRILL, E. D.: *The Botany of Cook's Voyages*, Vol. XIV. Nº 5/6. VI + 384 págs. Chronica Botanica Company, Waltham, Mass. 1954. $4,75.

Como en lo que más se interesa el autor de este libro no es en la vegetación indígena de las regiones visitadas por Cook sino en las plantas de cultivo introducidas, el título de la obra no es muy exacto.

Las principales pruebas de las doctrinas mantenidas por el Dr. Merrill se encuentran en los datos recogidos por Banks y Solander sobre el primer viaje de Cook, y de ambos Forsters sobre el segundo. Se afirma que esas colecciones eran bastante completas con relación a las regiones visitadas y que la mayoría de las plantas importadas que hoy existen en las islas del Pacífico lo fueron con posterioridad a 1769. Parece que es a los españoles y a los portugueses a quienes se deben las primeras importaciones de hierbas en toda esta región y que durante los 250 años que duró el tráfico de los galeones entre México y las Filipinas llegaron a ésta unas 200 especies, combatiéndose así la noción de que las plantas de cultivo y las hierbas americanas se hallaban ya muy diseminadas con anterioridad a Magallanes. Es posible que hasta hace casi dos siglos no se hayan establecido en las islas del Pacífico más de dos o tres hierbas de origen americano.

En 1769 se recogieron en Tahiti más de 260 especies vegetales, 60 de las cuales parecen haber llegado allí por intervención humana. 30 de ellas tienen valor económico y pueden deberse a importaciones deliberadas. Existían además otras tantas hierbas, pero de origen indo-malayo.

El texto de esta obra hubiera ganado en interés y efectividad si su autor no hubiera adoptado una actitud tan polémica. Es evidente que sus conclusiones se basan en extensas investigaciones, pero aunque el libro contiene índices de nombres de plantas y de autores, no existe uno de materias, lo que nos parece sensible omisión.

E. J. SALISBURY

FILOSOFIA

COULSON, C. A.: *Science and Religion: A Changing Relationship*. (Conferencia «Rede» para 1954). 36 págs. Cambridge University Press, Londres. 1955. 2s. 6d.

El propósito de esta alocución del Profesor Coulson es señalar el cambio en la relación entre ciencia y religión producido por el progreso de la ciencia. Trata de dos aspectos de dicho cambio, que él relaciona con la Naturaleza y con el Hombre, pero indica que ambos se superponen considerablemente.

Coulson rechaza decididamente la moderna tendencia a dividir la Naturaleza en dos sectores, a los que se aplican respectivamente la ciencia y la religión; tampoco acepta la doctrina de que Dios se halla en las regiones del pensamiento en las que la ciencia no ha penetrado aún. O bien Dios se encuentra en la Naturaleza toda o no se encuentra en parte alguna; e inversamente, el conjunto de la Naturaleza es susceptible de un tratamiento científico. Sin embargo, la antigua objetividad de la Naturaleza no puede mantenerse hoy: debemos reconocer que «nuestro intelecto no deriva sus leyes de la Naturaleza, sino que impone sus leyes a la Naturaleza.» En este respecto, el científico es igual al artista, al poeta, al santo; por otra parte, los recientes avances de la ciencia la separan cada vez más de éstos, debido al creciente alejarse de la experiencia ordinaria que revelan las concepciones científicas más fundamentales.

Considerando el Hombre, Coulson señala el desplazamiento que éste ha sufrido de la posición central que antes ocupaba en el Universo hasta su actual insignificancia en términos métricos; además, la Naturaleza que le rodea carece hoy de un centro que aquél pudiera ocupar, o, en otras palabras,

cada punto de la Naturaleza es el centro de la misma. Un Universo tal puede considerarse como «algo que contiene a Dios», como un cuadro, en el que, al mismo tiempo, «Dios es, por así decirlo, el lienzo que sirve de base al cuadro.» Pero el Hombre, además de hallarse inseparablemente implicado en este Universo, morada de Dios, es, en otro sentido, autor del Universo, ya que «en un determinado sentido la Naturaleza misma . . . es una construcción humana.» Esta compleja relación entre el Hombre y la Naturaleza es completamente distinta de la antigua doctrina según la cual el Hombre se hallaba frente a una Naturaleza totalmente objetiva y se esforzaba por describirla matemáticamente. Nuestros conocimientos son hoy más extensos, pero «no podemos ofrecer una explicación satisfactoria de la Naturaleza excepto en términos personales.»

La conferencia estimula a la reflexión y puede, según las opiniones del lector, causar en éste aprobación o disentimiento. Un efecto de la «cambiante relación» es que aquéllos que estén preparados a conceder igual validez a la ciencia y a la religión no se hallarán de acuerdo entre sí sobre el punto de vista más favorable para estudiar el conjunto de la cuestión, concluyendo todos que las afirmaciones de los demás más pecan de inadecuación que de inexactitud. En tales circunstancias, nos parece saludable disciplina esforzarse por descubrir el ángulo de enfoque que hace desaparecer tal inadecuación. El tratamiento del Profesor Coulson se presta fácilmente a dicho esfuerzo, que, con gran probabilidad, entraña no escaso beneficio para aquéllos que quieran realizarlo. HERBERT DINGLE

FISICA

ROLLER, D. y ROLLER, D. H. D.: *The Development of the Concept of Electric Charge.* IV + 97 págs. Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1954. $1,60.

En este librito se estudia la historia de las investigaciones sobre las cargas eléctricas, desde las primeras observaciones sobre la electricidad friccional hasta los experimentos de Coulomb, cuya bellísima serie de medidas con la balanza de torsión (digamos, de paso, que no fué él, sino Michell, quien primero utilizó tal balanza) sirvió para establecer su famosa ley y dió así precisión al concepto de carga eléctrica.

Este estudio sobre un tema no muy trillado revela pruebas de una investigación cuidadosa de todos los documentos con él relacionados; además, el método de incluir extensas citas, aparte de los diagramas, de los libros y memorias originales, ha producido excelentes resultados. Describir a Hauksbee, a cuyos trabajos se atribuye la importancia que merecen, como «casi un analfabeto» nos parece excesivamente severo; ya quisiéramos que algunos sabios de hoy supieran describir sus experimentos con la sencillez y claridad que él empleó en sus *Physico-Mechanical Experiments.* Naturalmente, esta diferencia de opinión no es cosa grave, como tampoco lo son las otras dos o tres que hemos notado. La única falta que podemos señalar en este libro tan recomendable es la frecuente omisión de referencias precisas de los textos citados y de los experimentos descritos, lo que indudablemente disminuye la utilidad que esta obra tiene para el estudiante de historia de la física, quien debe, sin embargo, tener un ejemplar en sus anaqueles.

E. N. DA C. ANDRADE

THIRRING, W.: *Einführung in die Quantenelektrodynamik.* XII + 122 págs. Franz Deuticke, Viena. 1955. DM. 17,50.

Este libro nació de una serie de lecciones dictadas hace cinco años en un seminario sobre electrodinámica quántica. Es de esperar que el esfuerzo realizado por el Dr. Thirring para poner al alcance del lector las notas de sus conferencias sea imitado por otros especialistas.

El título quizás sea poco exacto. Se supone que el lector conoce ya en su forma original la teoría quántica del campo. Sin embargo, hallará aquí, clara y elegantemente condensado, un estudio de los progresos, tanto formales como conceptuales, realizados durante los últimos años. Se da mayor importancia, con todo, al formalismo y a las aplicaciones, lo que quizás sea una ventaja para quien, conociendo ya la materia, desee refrescar rápidamente sus conocimientos sobre ciertos puntos técnicos.

El libro se inicia con una valoración cualitativa de los órdenes de magnitud de los diversos efectos físicos que la electrodinámica quántica se propone explicar, y continúa con una sección sobre la teoría clásica del electrón. A continuación se basa la teoría quántica del campo en el principio de la acción de Schwinger, desarrollándose en este alto nivel la inter-acción del campo electromagnético con el electrónico, hasta llegar al estudio de las divergencias y renormalización. No se estudia la electrodinámica de las partículas escalares. Las referencias son también bastante escasas, pero el libro contiene una útil colección de problemas con sus soluciones. E. CORINALDESI

MATEMATICAS

BARTLETT, M. S.: *An Introduction to Stochastic Processes.* XIV + 312 págs. Cambridge University Press, Londres. 1955. 35s.

Todo sistema físico o biológico que experimente un desarrollo en el tiempo según las leyes de la probabilidad puede representarse matemáticamente en un proceso estocástico. El estado del sistema en el momento t será entonces representado por una variable fortuita que depende de t como parámetro; los sistemas de variables fortuitas que contienen diversos parámetros o un solo parámetro no identificado con el tiempo se llaman también procesos estocásticos y pueden ser importantes (*v.g.*, en la teoría de la turbulencia), pero el parámetro único (tiempo) ocurre en la mayor parte de las aplicaciones. La teoría de los procesos estocásticos se ha desarrollado considerablemente durante los diez últimos años, siendo las aportaciones más sobresalientes a su metodología las del Profesor Bartlett y su escuela, primero en Cambridge y en la actualidad en Mánchester. Es por lo tanto de indudable oportunidad la publicación de esta obra, de gran originalidad y destinada al lector «práctico» que busca ideas que desarrollar y no teoremas que citar. Los teoremas vendrán después, en un volumen complementario de J. E. Moyal. Muchos lectores influídos por este libro querrán describir los fenómenos de su especialidad de la manera — original y brillante — que en él se estudia. Otros, y especialmente los que se ocupan del estudio matemático de la moción browniana, sistemas de proximidad, colas, crecimientos de población, genética demográfica, epidemias, y la teoría de la comunicación, conocerán ya la noción de los procesos estocásticos; sin embargo, el tratamiento que el autor presenta en este libro merece su atención.

De especial interés son los capítulos finales en los que el Profesor Bartlett trata de los difíciles problemas de determinar los parámetros estructurales en un modelo estocástico y comprobar el grado de exactitud de su aplicación. En estos casos no puede hacerse uso de los

procedimientos estadísticos clásicos sin modificarlos, presentándose toda una serie de nuevos problemas de inferencia estadística. D. G. KENDALL

COLERUS, E.: *From Simple Numbers to the Calculus.* XI + 255 págs. William Heinemann Limited, Londres. 1955. 12s. 6d.

Este libro, excelentemente traducido del alemán, es, en realidad, una admirable introducción al álgebra, trigonometría y cálculo elementales. Escrito en un estilo muy atrayente, se trata a todas luces de la obra de quién ha meditado mucho sobre el problema de exponer la matemática a mentes no matemáticas. Apenas hay dificultad que no haya sido prevista y tratada efectivamente. Añaden amenidad a esta exposición diversas digresiones históricas, y multitud de ejemplos sirven para aclarar muchos puntos. Pero el verdadero atractivo del libro estriba en el método con que procede desde ejemplos específicos a principios generales, lo que permite al lector no especializado en las matemáticas comprender sus principios y métodos.

G. TEMPLE

QUIMICA

DAUMAS, M.: *Lavoisier, Théoricien et Expérimentateur.* 180 págs. Presses Universitaires de France, París. 1955. Frs. 700.

El Dr. Maurice Daumas, del *Conservatoire National des Arts et Métiers* de París, es ya bien conocido por su valioso estudio *Les Instruments Scientifiques aux* XVIIe *et* XVIIIe *Siècles*, obra que fué considerada, al aparecer en 1953, como clásica en su rama. Su libro anterior, *Lavoisier* (1941), dirigido al lector general, atrajo considerable atención y ha merecido varias ediciones. De nuevo estudia ahora a Lavoisier en un trabajo autoritativo, bien informado y documentado, en el cual presenta con claridad de maestro, en el breve espacio de 180 páginas, la labor toda del fundador de la química moderna, destacada sobre el fondo de las nociones, métodos y aparatos del siglo XVIII. Ningún químico dejará de hallar esta presentación de las bases históricas de su ciencia de extraordinario interés, especialmente dado que el autor, dejando a un lado toda cuestión de prioridad, presenta en un útil capítulo una valiosísima cronología de las investigaciones y publicaciones de Lavoisier. Otro capítulo muy interesante es el que presenta las largas y cuidadosas investigaciones del Dr. Daumas sobre la composición de la obra clásica de Lavoisier, su *Traité élémentaire de Chimie.*

D. MCKIE

LAIDLER, K. J.: *The Chemical Kinetics of Excited States.* 180 págs. Clarendon Press, Oxford. 1955. 30s.

Aunque en la mayoría de las reacciones químicas sólo intervienen las configuraciones electrónicas más estables de las especies participantes, los estados de excitación representan un papel importantísimo en numerosos procesos, de considerable interés teórico y práctico, que se producen en transformaciones radioquímicas o fotoquímicas y en las llamas. Esta obra puede recomendarse a todo lector con un conocimiento general de química física como excelente estudio global de los conceptos fundamentales de una rama un tanto especializada de la cinética.

Después de una breve introducción sobre la radiación y las partículas de alta energía, se estudian los dos principales problemas teóricos en relación con el uso de las superficies semiempíricas de energía potencial: la correlación entre los diversos estados de excitación del complejo de transición y los niveles apropriados de los reactivos y productos; y la probabilidad de transiciones de una superficie a otra. Posteriores capítulos tratan de los diversos métodos de excitación y de las reacciones elementales de moléculas excitadas, tales como la disociación, isomerización, asociación y transferencia de energía. Para ilustrar las aplicaciones de esos principios se establecen comparaciones con los mecanismos térmicos, foto y radioquímicos de ciertos ejemplos clásicos de la cinética química: la conversión hidrogénica orto-para, la descomposición del yoduro de hidrógeno y la combinación del hidrógeno y el bromo. El libro concluye con un capítulo sobre el enfoque espectroscópico de las llamas.

K. W. SYKES

LUBS, H. A. (Compilador): *The Chemistry of Synthetic Dyes and Pigments.* XII + 734 págs. Reinhold Publishing Corporation, Nueva York. 1955. £7 8s.

El número de textos autoritativos sobre la manufactura de colorantes y pigmentos es tan escaso que justifica la bienvenida con que se acoge una obra de la extensión y alcance de la que reseñamos. Nadie puede tratar con competencia y experiencia directa los numerosos tipos de colorantes que utiliza la industria; por ello, este libro está escrito por un equipo de 19 colaboradores que, incluyendo al director de la edición, han trabajado siempre en el Laboratorio «Jackson» de la Compañía Du Pont.

Aunque los 14 capítulos del libro tratan de todas las clases diferentes de colorantes y pigmentos orgánicos, el espacio que se destina a cada tema refleja la importancia que a cada tipo se atribuye en Norteamérica, según el criterio del valor en dólares de su producción. Se concede el espacio más amplio a los colorantes azo y azoicos y a los tintes derivados de la antraquinona, incluyendo los colorantes de cuba afines. Los indigoides reciben 26 páginas, los de azufre 33, y una categoría miscelánica muy amplia que contiene la acridina, azina, tiazina y los importantes tintes triarilmetánicos tiene que conformarse con 70 páginas. Con todo, los temas que realmente interesan a los autores están admirablemente tratados. Características del libro es la inclusión de una gran cantidad de datos tomados de fuentes alemanas después de la última guerra e incorporados a los informes FIAT y BIOS, datos ni bien documentados ni fácilmente accesibles. Debemos mencionar además el excelente estudio sobre los pigmentos y colorantes ftalocianínicos, por cuyo descubrimiento, que es sin duda la innovación más significativa de los últimos 25 años en la rama de los colorantes sintéticos, se reconoce debidamente el mérito de los químicos británicos. E. H. RODD

PAULING, L.: *College Chemistry* (2ª edición). XII + 685 págs. W. H. Freeman and Company, California; Bailey Bros. and Swinfen Limited, Londres. 1955. 51s.

En la presente edición se han introducido diversos cambios en la sucesión de los capítulos y añadido uno enteramente nuevo sobre el electrón y los núcleos atómicos. El texto contiene algunos ejercicios ilustrativos; los ejercicios al final de los capítulos han sido revisados considerablemente, eliminándose en algunos casos los más difíciles. La química orgánica recibe mayor atención, y se ha incluído un capítulo sobre la bioquímica. En general, el propósito de la revisión ha sido no sólo poner esta obra al día sino introducir asimismo hechos, nociones y teorías más gradual y sistemáticamente que en la edición anterior.

El libro es una excelente introducción a la química para uso de estudiantes universitarios, pero sirve también como útil texto suplementario para los investigadores más avanzados. Nuestra impresión es que el estudiante que lo use percibirá claramente que va guiado por un maestro en la materia, confianza que le servirá para realizar rápidos progresos. Además de los ejercicios — cuidadosamente elegidos —, existen al final de cada capítulo otros dos párrafos que resumen los conceptos y términos empleados, característica ésta que permite al lector comprobar por sí mismo todo lo que ha asimilado durante la lectura. El libro contiene apéndices sobre el sistema métrico, las constantes físicas y químicas y la presión gaseosa del agua, además de un índice completo; está abundantemente ilustrado con claros diagramas. Como sucede con tantos libros norteamericanos, el precio de éste nos parece elevado, aunque el lector adquiere en este caso indudablemente una buena mercancía. E. J. HOLMYARD

SEEL, F.: *Grundlagen der analytischen Chemie und der Chemie in wässrigen Systemen.* 348 págs. Verlag Chemie G.m.b.H., Weinheim/Bergstr. 1955. DM. 29.

El Profesor Seel describe, para uso de los estudiantes de primero y segundo año de análisis inorgánico, las bases teóricas de la química de las soluciones acuosas. La tarea no es fácil, ya que significa aludir a ciertos problemas físico-químicos en un momento en que el estudiante todavía no conoce los principios básicos de la química física; sin embargo, el autor cumple esta labor con cierto éxito.

Después de deducir la ley de las masas sobre la escala de concentración, equiparando las reacciones de avance y de retardo sobre la base de las frecuencias de colisión, el autor introduce las actividades de los iones simples con el propósito de obtener constantes de la ley de las masas «realmente constantes». Evitadas así las complejidades de la termodinámica, el libro pasa a estudiar los procesos de solubilidad y precipitación, y las diversas consecuencias del tamaño de los cristales y de la formación de coloides. También son muy útiles los extensos capítulos sobre la formación de complejos, las reacciones ácido-base, y los indicadores. Un corto capítulo, demasiado corto dada la creciente importancia del tema en el análisis, estudia los intercambios iónicos. Parte importante de la obra está dedicada a los procesos de oxidación y reducción, reversibles o no, y al efecto sobre ellos de la formación de complejos. Los diversos tipos de titulación de *p*H en los que se usan indicadores, los potenciales redox, y las células potenciométricas están suficientemente tratados.

Las referencias a la literatura, que podían haber llenado las lagunas inevitables en un libro de este tamaño, no existen. E. GLUECKAUF

SPEAKMAN, J. C.: *An Introduction to the Electronic Theory of Valency* (3ª edición). VII + 180 págs. Edward Arnold (Publishers) Limited, Londres. 1955. 10s. 6d.

Los lectores que conozcan ya las anteriores ediciones de la lúcida obra del Dr. Speakman sobre la teoría de la valencia recibirán con agrado esta nueva versión, puesta al día y dividida en dos partes.

La Parte I describe — en un nivel de los últimos años de enseñanza secundaria o primeros de universitaria — las reglas, con razón llamadas Sidgwickianas, para escribir fórmulas electrónicas simples. Sólo hemos notado muy pequeñas faltas en un tratamiento que conviene admirablemente a dicho propósito: la impresión de que el óxido de carbono es altamente polar, y valores no muy exactos para la afinidad electrónica del oxígeno y el potencial de electrodo del magnesio. El lector de la Parte II, a quien se supone ser un estudiante de primer año universitario, ve desarrollarse ante sí la mayoría de las doctrinas principales hoy en vigor. Un nuevo capítulo, excelente dentro de los límites de una descripción gráfica, estudia la mecánica ondulatoria, incluyendo los enlaces de valencia y los métodos de los orbitales moleculares. Siguen luego temas tales como la longitud de los enlaces y su energía, la electronegatividad, las fuerzas de Van der Waals, el enlace de hidrógeno, los elementos de transición, los ácidos y bases, con inclusión del concepto de Lewis, y los compuestos no estoiquiométricos deficientes en electrones y los clatráticos.

Esta curiosa combinación de textos de dos niveles distintos de dificultad en un solo volumen puede quizás servir de estímulo al estudiante de último año de bachillerato que desee desarrollar sus conocimientos; pero, al mismo tiempo, es de esperar que el estudiante universitario procure hallar en otro lugar un tratamiento más riguroso de algunos de los temas contenidos en esta obra. K. W. SYKES

SOCIOLOGIA

WIENER, N.: *The Human use of Human Beings* (edición revisada). 199 págs. Eyre and Spottiswoode (Publishers) Limited, Londres. 1954. 18s.

Este libro apareció por vez primera en 1950; la presente es una edición, en cierto modo, popular. La cibernética se define hoy como la ciencia de la transmisión de mensajes, de su comunicación y del control que dicha comunicación puede ejercer. Dado que la Sociedad, al parecer, es sólo una forma o formas de comunicación, parece que la ciencia de la transmisión de mensajes debiera poder explicar todos los fenómenos sociales. Así lo cree el Profesor Wiener, pero la realidad es que el verdadero interés de este libro no estriba en la aplicación de ciertos principios conocidos y excesivamente generalizados de la cibernética a los problemas sociales, sino en los comentarios — sin inhibiciones y brillantemente expresados — con que el autor nos regala sobre numerosas cuestiones de interés contemporáneo. Entre ellas están los procesos mediante los cuales los seres humanos aprenden a conocer o a hacer cosas; la historia, desarrollo y uso del lenguaje; los problemas legales en la sociedad, con especial referencia a las opiniones sobre la retribución; y la ciencia como actividad secreta. Wiener demuestra tener extensos conocimientos y una envidiable exactitud de expresión. El lector puede estar conforme o no con lo que dice sobre todas esas cuestiones, sin que ello implique su aceptación o rechazo de que la cibernética sea una ciencia social fundamental. F. C. BARTLETT

ZOOLOGIA

LEES, A. D.: *The Physiology of Diapause in Arthropods.* X + 151 págs. Cambridge University Press, Londres. 1955. 12s. 6d.

El fenómeno de la diapausa — detención del crecimiento — ha interesado grandemente durante muchos años a los fisiólogos y ecónomo-entomólogos; por ello, el resumen y revaluación de la literatura sobre este tema que ahora publica el Dr. Lees es muy oportuno. Este es un problema de creciente interés: más de la mitad de los 286 trabajos citados se han publicado en la última década.

El autor señala que el término «diapausa» sirve para recordarnos los mecanismos fisiológicos interrumpidos durante el estado de letargo, y reúne numerosos datos sobre los ajustes metabólicos y bioquímicos de los insectos aletargados. Gran parte del libro está dedicada al estudio de la influencia del medio sobre la diapausa; la sección que trata del efecto de la longitud diurna es de particular interés.

Uno de los más notables progresos en el estudio de la diapausa es el descubrimiento de que se halla regulada por hormonas y de que existen diferentes sistemas endocrinos relacionados con la diapausa embriónica, larval-pupal e imaginal. El reciente descubrimiento de que la velocidad del desarrollo embriónico está determinada por una hormona de hibernación, así como las extensas investigaciones sobre la endocrinología de la diapausa de larvas y pupas, aparecen admirablemente resumidos en esta obra. Sólo ahora comienzan a comprenderse los principios básicos de estos fenómenos, y, por ende, no debemos culpar al autor de que a veces las ideas recogidas en su monografía no tienen la clara definición que fuera de desear.

Tampoco nos parece justo señalar los pequeños errores que hemos encontrado en una monografía de tan elevado nivel, aunque quizás convenga indicar que la raza *cinerescens* de *Lucasta migratoria* aparece equivocadamente descrita como *canescens*. N. WALOFF

LHOSTE, J.: *Les Rongeurs Domestiques Nuisibles*. 149 págs. Dunod, París. 1955. Frs. 730.

En esta reciente adición a la serie *Les Heures Scientifiques*, el Dr. Lhoste presenta un manual utilísimo, autoritativo y puesto al día sobre la defensa contra las ratas y ratones. Comienza describiendo las principales diferencias entre *Rattus norvegicus*, *R. rattus*, y *Mus musculus*, sus parásitos y las enfermedades que transmiten. Sigue luego una corta sección sobre la manera de impedir las invasiones y de eliminar los desperdicios y, finalmente, unas 80 páginas sobre los métodos de desratización — principalmente químicos —, que será la parte del libro que encuentren más interesante los lectores ya familiarizados con los problemas de defensa contra los roedores.

La única crítica que podemos hacer a esta admirable publicación es, en líneas generales y desde un punto de vista británico, que le falta, aquí y allí, cierto equilibrio, como por ejemplo cuando dedica 9 páginas a la eliminación de los desperdicios en Francia, 4 a un estudio botánico de *Urginea maritima* y la extracción de la escila roja, pero sólo 8 líneas al trióxido de arsénico.

Mencionando puntos más específicos, nos parece evidente que será necesario realizar más investigaciones antes de que pueda recomendarse el uso de eméticos en los productos raticidas; tampoco es cierto, por lo general, que la warfarina sea insípida. Las figuras 42 y 43 no corresponden exactamente con el texto; lo cual se resuelve, aunque no enteramente, transponiendo las figuras. Sin embargo, esto tiende a obscurecer el hecho importante, mencionado sólo en el pié de la figura 43 y al principio del libro, de que no es necesario precebar cuando se usan anticoagulantes.

El libro contiene una corta bibliografía pero no un índice. E. W. BENTLEY

MATTHEWS, G. V. T.: *Bird Navigation*. VII + 141 págs. Cambridge University Press, Londres. 1955. 12s. 6d.

Antes de la última guerra, el mayor misterio todavía por resolver relacionado con las aves silvestres era el método de orientación de éstas, tanto en experimentos realizados liberando al animal en territorio desconocido, como en su vuelo natural migratorio desde las regiones donde pasan el verano hacia sus cuarteles de invierno. Hoy estos problemas han quedado aclarados en gran parte, gracias especialmente a las investigaciones de G. Kramer en Wilhelmshaven y a las realizadas en Cambridge por el autor del presente libro. Dichos trabajos se iniciaron con la brillante observación por Kramer de que un estornino enjaulado que mostraba ansiedad migratoria tendía a volar en una dirección única, que, según demostraron ciertos experimentos, era determinada por el animal basándose en la posición del sol y en lo que pudiera describirse como un «reloj interno». Vinieron después numerosos experimentos cuidadosamente realizados con palomas mensajeras por Kramer y Matthews; este último también obtuvo resultados valiosos y a veces espectaculares con pájaros pico-tijeras de la Isla de Man, uno de los cuales se orientó en su vuelo desde los Estados Unidos hasta Gales.

Este libro es un estudio bien organizado y competente de los conocimientos actuales y se basa en las investigaciones del autor y en numerosas referencias, juiciosamente críticas, a los trabajos de otros investigadores, defendiendo, tan bien razonada como modestamente, su propia teoría de que las aves se orientan en su vuelo por medio de un sistema de coordenadas derivado del arco solar.

Quizás como reacción contra el lenguaje excesivamente coloreado con que los periodistas-naturalistas solían antes escribir sobre este misterio, el autor utiliza en este libro el lenguaje técnico del laboratorio, lo que es lástima ya que con menos sequedad y mayor simplicidad en el relato, éste hubiera ejercido gran fascinación sobre todos los amantes de las aves.

DAVID LACK

STARCK, D.: *Embryologie*. XIX + 688 págs. Georg Thieme Verlag, Stuttgart. 1955. DM. 78.

El nuevo texto del Profesor Dietrich Starck es una notable contribución a la literatura embriológica y está concebido en forma de introducción a los problemas generales, la cual conduce a un nutrido estudio del desarrollo humano. Este, con sus descripciones de la placentación, organogenia e histogénesis, está enfocado desde el punto de vista de la anatomía comparada y ofrece una vívida presentación del desarrollo normal y teratológico. La primera sección es notable por la amplitud del tratamiento. Los datos clásicos sobre la formación de las células germinales van acompañados de admirables secciones sobre la fertilización, las gamonas, la manifestación de los efectos de los genes en la ontogenia, los cromosomas, la determinación del sexo, y los problemas fundamentales de la organización del embrión por organizadores y diferenciación dependiente. Espléndidamente producido y bien ilustrado, este libro está enteramente al día y contiene un volumen de datos que sería difícil encontrar en otro texto.

La única crítica es que, en ciertos casos, las referencias a otros trabajos no son fáciles de hallar en la lista consolidada al fin del libro, pero esto no resta nada al elogio que merece esta publicación. Su precio corresponde a la importancia y volumen de la misma, aunque probablemente hará que el libro quede fuera del alcance del estudiante ordinario. Esta obra debe, sin embargo, hallar un lugar en la biblioteca de todas las instituciones donde se realicen trabajos de investigación o de enseñanza sobre la embriología de los vertebrados. GAVIN DE BEER

Libros recibidos

(*Nota.* La mención de un libro en esta sección no excluye su futura revista.)

ASTRONOMIA

ELLISON, M. A.: *The Sun and its Influence.* XII + 235 págs. Routledge and Kegan Paul Limited, Londres. 1955. 21s.

BIOLOGIA

DOWDESWELL, W. H.: *The Mechanism of Evolution.* IX + 99 págs. William Heinemann, Londres. 1955. 6s.

Fibrous Proteins and their Biological Significance (*Symposium of the Society for Experimental Biology*, No. 9). VI + 370 págs. Cambridge University Press, Londres. 1955. 50s.

GRANIT, R.: *Receptors and Sensory Perception.* XI + 369 págs. Yale University Press, Newhaven; Geoffrey Cumberlege, Oxford University Press, Londres. 1955. 40s.

JOHNSON, F. H. (Compilador): *The Luminescence of Biological Systems.* XIV + 452 págs. American Association for the Advancement of Science, Wáshington, D.C. 1955. $7.

LEES, H.: *Biochemistry of Autotrophic Bacteria.* VIII + 112 págs. Butterworths Scientific Publications, Londres. 1955. 21s.

THOMAS, J. A. (Compilador): *Problèmes de structures, d'ultrastructures et de fonctions cellulaires.* 358 págs. Masson et Cie., París. 1955. Frs. 3000.

BOTANICA

BAILEY, I. W.: *Contributions to Plant Anatomy.* XXVI + 285 págs. Chronica Botanica Company, Waltham, Mass. 1955. $7,50.

KAPPERT, H. y RUDORF, W. (Compiladores): *Handbuch der Pflanzenzüchtung.* Vol. I (2ª edición). 80 págs. Verlag Paul Parey, Berlín. 1955. DM. 13,50.

CIENCIA GENERAL

DRUCKER, P. F.: *The Practice of Management.* VIII + 355 págs. William Heinemann Limited, Londres. 1955. 25s.

KILLEFFER, D. H.: *Two Ears of Corn, Two Blades of Grass.* X + 139 págs. D. Van Nostrand Company Inc., Nueva York; Macmillan and Company Limited, Londres. 1955. 30s.

LOCKE, W. N. y BOOTH, A. D. (Compiladores): *Machine Translation of Languages.* XII + 243 págs. The Technology Press of the Massachusetts Institute of Technology and John Wiley and Sons Inc., Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1955. 48s.

RYLE MASSON, D.: *Directory of Scientific Research Organizations in the Union of South Africa.* IX + 123 págs. J. L. Van Schaik Limited, Pretoria. 1955. 25s.

THOMSON, Sir George: *The Foreseeable Future.* VII + 166 págs. Cambridge University Press, Londres. 1955. 10s. 6d.

FISICA

BLÜH, O. y ELDER, J. D.: *Principles and Applications of Physics.* XIV + 866 págs. Oliver and Boyd Limited, Londres. 1955. 45s.

GRIVET, P., BERNARD, M.-Y. y SEPTIER, A. con un Prefacio de Louis de BROGLIE: *Optique électronique.* Vol. I. *Lentilles électroniques.* 84 págs. Bordas, París. 1955. Frs. 1450.

GUGGENHEIM, E. A.: *Boltzmann's Distribution Law.* 61 págs. North-Holland Publishing Company, Amsterdam. 1955. 5s. 6d.

Journal of Electronics. Vol. I, No. 1. 102 págs. Taylor and Francis Limited, Londres. 1955. 20s.

LIBBY, W. F.: *Radiocarbon Dating* (2ª edición). IX + 175 págs. The University of Chicago Press, Chicago; Cambridge University Press, Londres. 1955. 34s.

SHARPE, J.: *Nuclear Radiation Detectors.* 179 págs. Methuen and Company Limited, Londres. 1955. 11s. 6d.

SMITH, K. F.: *Molecular Beams.* X + 133 págs. John Wiley and Sons Inc., Nueva York; Methuen and Company Limited, Londres. 1955. 8s. 6d.

GEOFISICA. GEOLOGIA

Proceedings of the Commonwealth Oceanographic Conference. 1954. V + 92 págs. Cambridge University Press, Londres. 1955. 7s.

MEDICINA

Advances in Experimental Caries Research. IX + 236 págs. American Association for the Advancement of Science, Wáshington, D.C. 1955. $6,75.

British Pharmacopoeia 1953. *Addendum* 1955. XVII + 94 págs. The Pharmaceutical Press, Londres. 1955. 21s.

The Extra Pharmacopoeia (*Martindale*). Vol. II (23ª edición). XXXI + 1501 págs. The Pharmaceutical Press, Londres. 1955. 57s. 6d.

PARKES, A. S. (Compilador): *British Medical Bulletin*, Vol. XI, No. 2 (*Hormones in Reproduction*). 83–170 págs. The British Council, Londres. 1955. 15s.

RHOADS, C. P. (Compilador): *Antimetabolites and Cancer.* VI + 312 págs. American Association for the Advancement of Science, Wáshington, D.C. 1955. $5,75.

Symposium on Atherosclerosis. 249 págs. National Academy of Sciences—National Research Council, Wáshington, D.C. 1954. $2.

WOLSTENHOLME, G. E. W. (Compilador): *Experimental Tuberculosis.* XII + 396 págs. Ciba Foundation Symposium. J. and A. Churchill Limited, Londres. 1955. 42s.

QUIMICA

BROOKS, B. T., BOORD, C. E., KURTZ, S. S. y SCHMERLING, L. (Compiladores): *The Chemistry of Petroleum Hydrocarbons.* Vol. II, VI + 448 págs. Vol. III, VII + 690 págs. Reinhold Publishing Corporation, Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1955. 108s. y 144s. respectivamente.

DANIELS, F. y ALBERTY, R. A.: *Physical Chemistry.* VI + 671 págs. John Wiley and Sons Inc., Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1955. 52s.

GARRATT, D. C.: *The Quantitative Analysis of Drugs* (2ª edición). XV + 670 págs. Chapman and Hall Limited, Londres. 1955. 70s.

ZOOLOGIA

DHARMAKUMARSINHJI, R. S.: *Birds of Saurashtra, India.* LIII + 561 págs. R. S. Dharmakumarsinhji, Dil Bahar, Bhavnagar, Saurashtra. 1955. 112s. 6d.

MARSHALL, S. M. y ORR, A. P.: *Biology of a Marine Copepod.* VII + 188 págs. Oliver and Boyd Limited, Londres. 1955. 21s.

WILKINS, G. L.: *A Catalogue and Historical Account of the Banks Shell Collection.* 69–119 págs. British Museum (Natural History), Londres. 1955. 20s.

Notas sobre los colaboradores

J. Z. YOUNG

Nació en 1907 y estudió en la Universidad de Oxford, especializándose en zoología. Trabajó durante dos años en la Estación de Investigaciones Marinas de Nápoles, regresando luego a Oxford con el cargo de Demostrador de Zoología en su Universidad. En la actualidad es Catedrático de Anatomía de la Universidad de Londres. Sus investigaciones se refieren principalmente a la estructura microscópica y la función de varios tejidos, especialmente en el sistema nervioso. Durante 1936 recibió una beca de investigación de la Fundación Rockefeller y estuvo trabajando en Chicago y en Woods Hole, Massachusetts. Desde 1939 viene realizando investigaciones sobre los métodos de tratamiento de las lesiones de los nervios periféricos. Forma parte del Comité de Lesiones Nerviosas del Consejo de Investigaciones Médicas de la Gran Bretaña.

H. M. POWELL

Nació en 1906 y estudió en la Universidad de Oxford. Fué nombrado Demostrador de Mineralogía y Cristalografía de dicha Universidad en 1927, comenzando a aplicar allí el análisis radiográfico de los cristales a los problemas químicos. Sus investigaciones cristalo-estructurales tratan de los compuestos moleculares, tipos estereoquímicos y de la constitución de los compuestos organo-metálicos, pentahaluros de fósforo, carbonilos metálicos y ferrocianuros. Sus investigaciones más recientes tratan de los compuestos moleculares estables formados por los gases inertes.

H. J. J. WINTER

Nació en 1912 y estudió en las Universidades de Nottingham y de Exeter. Es en la actualidad Profesor Auxiliar de Educación (Método Científico e Historia de la Ciencia) en la Universidad de Exeter.

A. W. JOHNSON

Nació en 1917 y estudió en el *Royal College of Science* de Londres. En 1942 pasó a formar parte del equipo de investigadores de la División de Colorantes de *Imperial Chemical Industries Limited*, donde trabajó sobre los problemas químicos del acetileno y sus derivados. En 1946 recibió una beca de *I.C.I. Limited* para realizar investigaciones en la Universidad de Cambridge. En 1948 fué nombrado Director Adjunto de Investigaciones y, en 1953, Profesor Auxiliar de Química Orgánica de la Universidad de Cambridge. En 1955 fué nombrado Catedrático de Química Orgánica de la Universidad de Nottingham.

SIR ALEXANDER TODD

Nació en Glasgow en 1907 y estudió en la Universidad de Glasgow, continuando luego sus estudios en las de Frankfurt y Oxford. Fué nombrado Catedrático de Química y Director de los Laboratorios de Química de la Universidad de Mánchester en 1938. Desde 1944 es Catedrático de Química Orgánica de la Universidad de Cambridge.

E. W. E. ROGERS

Nació en Londres en 1925 y estudió en el *Imperial College* de la misma ciudad. En 1945, después de un año de investigaciones post-universitarias sobre aeronáutica se incorporó al Grupo de Altas Velocidades de la División de Aerodinámica del *National Physical Laboratory*, donde ha trabajado desde entonces sobre el flujo aéreo a velocidades subsónicas y supersónicas. Autor de varios estudios sobre la aerodinámica de las altas velocidades.

J. L. HARLEY

Nació en 1911 y estudió en la Universidad de Oxford, donde es hoy Demostrador de Botánica. Sus investigaciones han tratado principalmente sobre micología y ecología; ha publicado trabajos sobre las micorrizas, la ecología de los hongos y las poblaciones de microrganismos en la superficie de las raíces.